pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Vorst, Helena van [Hrsg.]

Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hamburg 2023

Duisburg-Essen : Universität 2024, XXIII, 1081 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 44)

Quellenangabe/ Reference:
Vorst, Helena van [Hrsg.]: Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hamburg 2023. Duisburg-Essen : Universität 2024, XXIII, 1081 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 44) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-306262 - DOI: 10.25656/01:30626

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-306262
https://doi.org/10.25656/01:30626

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Helena van Vorst (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Frühe naturwissenschaftliche Bildung

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Jahrestagung in Hamburg 2023

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

HELENA VAN VORST 1

Vorwort

MIRJAM STEFFENSKY, ANDREAS BOROWSKI 2

Einführung

Plenarvorträge

ILONCA HARDY 4

Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Zur Bedeutung der Sprache für die Konzeptentwicklung

ELKE SUMFLETH, HORST SCHECKER 17

50 Jahre GDCP - eine Tour d'Horizon von den Ursprüngen bis in die Gegenwart

Bericht zu Schwerpunkttagungen

JENNA KOENEN, KATHARINA FORSTER 37

Bericht zur GDCP-Schwerpunkttagung 2023, Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Workshops

BENJAMIN HEINITZ, FRIEDERIKE KORNECK, ANDREAS NEHRING 43

VirtU-net Haben wir das gleiche Verständnis von Unterrichtsqualität?

MARKUS PRECHTL, KAI BLIESMER , STEFANIE RINALDI, MARKUS WILHELM, JENNA KOENEN, KATHARINA FORSTER 48

Auf dem Weg zu einer Nachhaltigkeitsdidaktik? Ein Bericht über die Bildung eines Netzwerks

MATHIAS KIRF 54

Die Teilchenprasselmaschine und das Kupferschiff: Experimente für den Anfangsunterricht

Vorträge

Vortragsblock A

MICHELLE MÖHLENKAMP, HELENA VAN VORST, SEBASTIAN HABIG, MATHIAS ROPOHL 58

Effekte einer digitalen Lernleiter im Chemieunterricht

NICOLAI TER HORST, JULIA DIETRICH, TIMM WILKE 62

digitalchemlab - digital-differenzierte Lernmodule im Schülerlabor

FLORIAN FRANK, CHRISTOPH STOLZENBERGER, THOMAS TREFZGER 66

Studie zur Wirkung digitaler Medien in Schülerlaboren für die E-Lehre

SABRINA SYSKOWSKI, ISABEL PREUß,SANDRA BERBER 70

ARiELLE – Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments

PAUL MARTIN, DAVID KRANZ, PETER WULFF, NICOLE GRAULICH 74

Tiefgreifende Analyse von Argumenten in der OC mit Deep Learning

JOHANNES HUWER, LARS-JOCHEN THOMS, LENA VON KOTZEBUE, TILL BRUCKERMANN, ALEXANDER FINGER, ERIK KREMSER, CHRISTOPH TYSSEN, MONIQUE MEIER, SEBASTIAN BECKER-GENSCHOW 78

KI-relevante Kompetenzen für das Lehramt der Naturwissenschaften im DiKoLAN

BENJAMIN NIEHS, BARBARA FALK, ROBIN KRÖGER, IRIS GÜNTHNER, SEBASTIAN BECKER-GENSCHOW, BENJAMIN ROTT, ALEXANDER STRAHL, ANDRÉ BRESGES 82

Kooperativer, kreativer, transparenter und prüfungssicherer Einsatz von generativer KI in Lehr-Lernprozessen

AMINA ZEROUALI, JENNA KOENEN 86

Game on! Einstellungen angehender Lehrkräfte zu digitalen Lernspielen

MURIEL SCHABER 90

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte

STEFAN MÜLLER 94

Förderung digitaler Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Chemie

DAVID WEILER, JAN-PHILIPP BURDE, RIKE GROßE-HEILMANN, ANDREAS LACHNER, JOSEF RIESE, THOMAS SCHUBATZKY 98

Einsatz digitaler Medien: Charakterisierung von Physik-LA-Studierenden

RIKE GROßE-HEILMANN, JAN-PHILIPP BURDE, JOSEF RIESE, THOMAS SCHUBATZKY, DAVID WEILER 102

Wie sollte ein Seminar zum Einsatz digitaler Medien gestaltet sein?

MARTINA GRAICHEN, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT 106

Mission Magnet: Barrierefreies, inklusives Experimentieren

ELISABETH HOFER, SIMONE ABELS 110

Inklusive Gestaltung einer Einheit offenen Forschenden Lernens

ANJA TSCHIERSCH, AMITABH BANERJI 114

Akzeptanzuntersuchung eines AR-Autorentools bei Chemielehrkräften

MELANIE RIPSAM, CLAUDIA NERDEL 118

AR zur Förderung des Stoff-Teilchen-Konzeptverständnisses bei Lehrkräften

Vortragsblock B

JANNIS ZELLER, JOSEF RIESE 122

Fähigkeitsprofile im Physikdidaktischen Wissen mithilfe von Machine Learning

MICHELE BROTT, CONSTANTIN EGERER 126

CUKI: Chemieunterricht geplant durch Künstliche Intelligenz

SEBASTIAN ROHR, OLIVER TEPNER 130

Wirkung von Erklärvideos in Kombination mit Flipped Classroom in Chemie

SASCHA NEFF, BJÖRN RISCH 134

Evaluationsbasierte Transfergestaltung einer digitalen Schulinnovation

ROBERT GIESKE, CLAUS BOLTE 138

Sprachliche Unterstützung beim Erwerb chemiebezogenen Fachwissens

JAN-MARTIN ÖSTERLEIN, MATHIAS ROPOHL, SEBASTIAN HABIG, MIRIAM MORECK 142

Förderung der Textqualität von Versuchsprotokollen im Fach Chemie

KATHARINA FLIESER, KARSTEN RINCKE 146

Die Wirkungen sprachlicher Gestaltungsmittel in Physiktexten auf Schüler*innen

REGINA SCHAUER, REBECCA MÖLLER, MARKUS FESER, JULE BÖHMER, HANNE BRANDT, INGRID GOGOLIN, DIETMAR HÖTTECKE 150

Energiewissen durch sprachexpliziten Physikunterricht fördern

MARCUS SCHIOLKO, MATHIAS ROPOHL 154

Inwiefern fördern Wissenslandkarten die inhaltliche Kohärenz von Chemieunterricht

TOBIAS WYRWICH, KNUT NEUMANN, MARCUS KUBSCH 158

Beyond Literacy: Förderung von Agency im Physikunterricht

SONJA DIETERICH, STEFAN RUMANN, MARC RODEMER 162

Wissen, wie es nicht geht: fehlerhafte Lösungsbeispiele im Fach Chemie

DOMINIK DIERMANN, DENNIS HUBER, STEFFEN GLASER, JENNA KOENEN 166

Interaktivität und Dynamik in der digitalen SpinDrops-Lernumgebung

MARIE HANSEL, LUZIE SEMMLER 170

Welche Effekte haben digitale Escape Games in der Hochschullehre?

LUZIE SEMMLER 174

Anregung von (kreativen) Problemlöseprozessen in einem Educational Escape Room

Vortragsblock C

VALERIE AMACKER, MARKUS WILHELM, DOROTHEE BROVELLI 178

Effekte von Versuchsanleitungen auf Cognitive Load & Selbstwirksamkeit

TOM JUNGBLUTH, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, JOSEF KÜNSTING 182

Prompts zur kognitiven Aktivierung beim multimedialen Experimentieren

AXEL LANGNER, NICOLE GRAULICH 186

Mit Blick zurück einen Schritt vor – Eine blickbewegungsgestützte Retrospektive

VIKTORIA KATRIN HELMS, LARISSA HAHN, PASCAL KLEIN 190

Blickverhalten im Umgang mit Diagrammen zur Ausbreitung mechanischer Wellenpulse

BJÖRN RISCH, ISABEL JUPKE 194

Nachhaltigkeit als Querschnittsthema – MINT-Kurse für 8 bis 12-jährige

EVA BÜHLER, MARKUS REHM, HENDRIK LOHSE-BOSSENZ, MARKUS WILHELM, TIM BILLION-KRAMER 198

Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Vignettentest

LAURA SIEBERS, SARAH RAU-PATSCHKE, STEFAN RUMANN 202

Entwicklung adaptiver Lehrkompetenz durch ein Lehr-Lern-Labor-Seminar

MARVIN KALDEWEY, STEFANIE SCHWEDLER 206

Selbstreguliertes Lernen in der Physikochemie – eine Interviewstudie

ANN-KATRIN KREBS 210

Sensibilisierung von Physiklehrkräften für Diversität und Gender

Vortragsblock D

CAROLIN FLERLAGE, ANDREA BERNHOLT, ILKA PARCHMANN 214

Motivationsfaktoren zur Nutzung und Erstellung digitaler Lernangebote

CAROLIN FLERLAGE, CHRISTOPH VOGELSANG, STEFANIE HERZOG, MARC REID 218

Digitale Lernangebote – Von der Motivation zur nachhaltigen Nutzung

CHRISTOPH VOGELSANG 222

Wie verändern sich digitale Kompetenzen im Praxissemester?

STEFANIE HERZOG 226

Produktiver Einsatz chemischer Erklärvideos – im Lehramtsstudium und darüber hinaus

SOPHIA SIEGMANN, GUNNAR FRIEGE 230

Unterricht zum Thema Klimawandel: Untersuchungen von Instruktionsarten und Medienkompetenz

ANGELIKA BERNSTEINER, THOMAS SCHUBATZKY, PHILIPP SPITZER, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER 234

Sicht Lehramtsstudierender auf Unterricht im Zeitalter der Digitalität

RITA ELISABETH KREBS, MARVIN ROST, ANJA LEMBENS 238

Säure-Base-Reaktionen in der SEK II – eine Interventionsstudie

ROBIN DEXHEIMER-REUTER, VERENA SPATZ 242

Studentische Physiktutor*innen: Effekte der Lehr-Lernüberzeugungen

SUSANNE GERLACH, SARAH RAU-PATSCHKE 246
Studierende vertreten im Sachunterricht-Heterogenität als Lernchance
STEFAN SCHWARZER, LISA BRANDL 250
Evaluation einer Blended Learning-Fortbildung für MINT-Lehrkräfte
FREDERIK BUB, THORID RABE, LISA-MARIE CHRIST, OLAF KREY 254
MINT-Identität im Anfangsunterricht: Eine quantitative Annährung
FREJA KRESSDORF, THORID RABE 258
Identitätsaushandlungen: Fallstudien zu Bildungswegentscheidungen
SVENJA BOEGEL, MATHIAS ROPOHL 262
Der Einfluss von Feedback auf kognitive und motivationale Schüler:innenmerkmale
ANNA WEISSBACH, CHRISTOPH KULGEMEYER 266
Reflexionsfähigkeit: Validitätsstudien zu einem Test mit Feedback
VANESSA FISCHER, SUSANNE GERLACH, HELENA VAN VORST 270
Student-peer-reviewing zur fachdidaktischen Reflexion im Lehramtsstudium
PHILIPP SPITZER 274
Wissenschaftskommunikation im Kontext Schule und Social Media
DENNIS DIETZ, ARNE PETTER, CLAUS BOLTE 278
Strategien zur Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit von Online-Quellen
KASIM COSTAN, MELISSA COSTAN, CHRISTOPH KULGEMEYER 282
Wie denken Physiklehrkräfte über physikdidaktische Forschung?

Vortragsblock E

LUKAS MIENTUS, ANNA NOWAK, PETER WULFF, ANDREAS BOROWSKI 286
Computerbasierte Qualitätsabschätzung schriftlicher Reflexionen
MARC RODEMER, LUKAS MIENTUS, JULIA WIEDMANN, ANNA NOWAK, PASCAL POLLMEIER 290
Professionalisierungsmöglichkeiten angehender Lehrkräfte in Praxisph
JULIA WIEDMANN, MARC RODEMER, STEFAN RUMANN, INGA GRYL 294
Entwicklung von PCK im Sachunterricht durch das Praxissemester

ANNA NOWAK, LUKAS MIENTUS, PETER WULFF, ANDREAS BOROWSKI 298
Inhaltliche Qualitätsmerkmale in Selbstreflexionstexten
PASCAL POLLMEIER, CHRISTOPH VOGELSANG, TIM ROGGE 302
Eigenvideografien als Instrument zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte
RONJA SOWINSKI, SIMONE ABELS 306
Metaphern mehrsprachiger Schüler*innen zu abstrakten Phänomenen
MARVIN ROST, ANJA LEMBENS 310
Halbautomatisierte Auswertung von Lerntagebüchern im Chemielehramt
TOM KONRAD ANTON, CHRISTIANE S. REINERS 314
Didaktische Transformation von SSI am Beispiel von Mikroplastik
MARKUS OBCZOVSKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, THOMAS SCHUBATZKY 318
Fachdidaktisches Analysieren von Unterrichtsmaterial im Studium lernen
ANTONIO RUEDA, ANDREAS BOROWSKI 322
BNE im Nawi-Unterricht: Nur Umweltbildung?
LEO LUTZ 326
Von BNE zu BENE – Ein mögliches Modell von der Kompetenz zur Handlung
JULIA HÄDRICH, RITA WODZINSKI 330
Kritisches Denken fördern – Artikel-Memory zum Klimawandel
LUC ALBRECHT, CHRISTIANE REINERS 334
Kritisches Denken als Schlüssel zur naturwissenschaftlichen Bildung
SARAH RAU-PATSCHKE, MARISA HOLZAPFEL, ANDREA KAWRIGIN 338
Kreativität und Bewegung im Sachunterricht aus Sicht der Lehrkräfte
MARKUS EMDEN, FRANK HANNICH, ARMIN DUFF, TANIA KAYA, LARA LEUSCHEN, DAVID NEF 342
Juicy questions verbinden außerschulische Lernorte mit dem Unterricht
YIKE YING, RÜDIGER TIEMANN 346
Comparative analysis of Collaborative problem-solving skills: German vs. Chinese students

Vortragsblock F

MELANIE RENNER, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER 350

Sprache als Medium – Studierendenvorstellungen zu Sprache im Physikunterricht

LOUISA WINTER, MARTIN HOPF 354

Akzeptanzbefragungen zur Energieübertragung in elektrischen Systemen

IRINA BRAUN, NICOLE GRAULICH 358

Kontextbasiertes Problemlösen: Anwendung von Mesomerie in OC-Aufgaben

TOBIAS WINKENS, SASCHA ATAHAN, HEIDRUN HEINKE 362

Variablenkontrollstrategie: Individuelle Förderung hoch 2

DAVID KRANZ, PAUL P. MARTIN, MICHAEL SCHWEEN, NICOLE GRAULICH 366

Analyse des Effekts verschiedener Aufgabenformate und Strukturierung auf den Lernerfolg

SANDRA PUDDU, CHRISTIAN NOSKO, ANJA LEMBENS 370

„Wegen dem Wasser zerlöst sich das Pulfer“ – Das Projekt FoPs

RAHEL SCHMID, NICOLAS ROBIN, ALEXANDER STRAHL 374

Verständnis von NOS-Aspekten und Umgang mit Fehlern

DIRK BROCKMANN-BEHNSEN 378

Praktikumsvorbereitung neu gedacht – ein Scrum-basiertes Konzept im Vorbereitungsseminar

KATRIN SCHÜßLER, MAIK WALPUSKI 382

Erfolg im Laborpraktikum: Welche Variablen sind relevant?

Vortragsblock G

MORITZ KRIEGEL, VERENA SPATZ 386

Authentische Vermittlung des Forschungsalltages in der Physik

LAURA GOLDHORN, THOMAS WILHELM, VERENA SPATZ 390

Interventionsstudie zur Förderung des Growth Mindset in Physik

BERNADETTE SCHORN 394

Konzeptionelles Verständnis von Studierenden zum elektrischen Stromkreis

STEFANIE PETER, OLAF KREY 398

Erprobung einer Eye-Tracking-Studie zu visuellen Strategien im Umgang mit Schaltplänen

ANNABEL PAULY 402

Sketchnotes zur Förderung der Visual Literacy im Lehr-Lern-Kontext Chemie

JOCHEN SCHEID, ALEXANDER KAUERTZ 406

Erhebung von Diagrammkompetenz in Physik

DANIEL LAUMANN, PAUL SCHLUMMER, ADRIAN ABAZI, RASMUS BORKAMP, JONAS LAUSTRÖER, WOLFRAM PERNICE , CARSTEN SCHUCK, REINHARD SCHULZ-SCHAEFFER, STEFAN HEUSLER 410

Lernen mit Mixed Reality zur optischen Polarisation

LILITH RÜSCHENPÖHLER 414

Postkoloniale Naturwissenschaftsdidaktik: Ein Review der Literatur

SIMON Z. LAHME, PASCAL KLEIN, ANDREAS MÜLLER 418

Offene Experimentierprojektaufgaben in der Studieneingangsphase Physik

RICARDA RINGDORFER, DORIS DALLINGER, OLIVER KAPPE, PHILIPP SPITZER 422

Realisierung eines Flow Chemistry Praktikums mit Masterstudierenden

MALTE DIEDERICH, SIMON Z. LAHME, JASPER O. CIRKEL, SUSANNE SCHNEIDER, VERENA SPATZ, PASCAL KLEIN 426

Belastung meets Mindset – Eine Panelstudie im ersten Semester Physik

MATTHIAS FISCHER, MANUELA WELZEL-BREUER 430

Naturwissenschaften & Straßenschulen: Welche Rolle spielen Lehrkräfte?

LINDA ZWICK, RITA WODZINSKI 434

Förderung des Wissenschaftsverständnisses in Schulen im SFB ELCH

DANIEL RÖMER, JAN WINKELMANN 438

Das Vertrauen von Lehramtsstudierenden in die Naturwissenschaften

NIKLAS PREWITZ, KATHARINA GROß 442

Förderung des professionsrelevanten Fachwissens angehender Chemielehrender

NOVID GHASSEMI, VOLKHARD NORDMEIER 446

Ergebnisse der Begleitforschung zum Q-Masterstudium im Fach Physik an der FU Berlin

Vortragsblock H

MARTINA BRANDENBURGER, MARTIN SCHWICHOW, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT 450

Zusammenhang von Modellverständnis und Lehr-/Lernüberzeugungen von Lehrkräften

BENJAMIN PÖLLOTH, STEFAN SCHWARZER 454

Mit Stop-Motion-Animationen Vorstellungen zu Mechanismen analysieren

KERSTIN GRESENS, HENDRIK HÄRTIG 458

Analyse von Hürden beim Bearbeiten von Aufgaben mit Repräsentationen

LEONIE WILLMES, HELENA VAN VORST, MATHIAS ROPOHL 462

Forschend Lernen im inklusiven Chemieunterricht – aber wie?! Ein systematisches Literaturreview

JÜRGEN MENTHE, FELIX PAWLAK, LISA STINKEN-RÖSNER, ELIZABETH WATTS 466

Inklusiver Nawi-Untericht – ein herausforderndes Forschungsfeld?

GIULIA PANTIRI, THOMAS WILHELM, LEA MAREIKE BURKHARDT, VOLKER WENZEL, ARNIM LÜHKEN, DIETER KATZENBACH 470

Inklusiver NaWi-Unterricht: Erprobung von Lernstationen zu Farben

JASMIN ÇOLAKOĞLU, ANNEKE STEEGH, ILKA PARCHMANN 474

Inklusive MINT-Bildung: Einblicke aus der Praxis für die Forschung - Dieverse Zielgruppen in non-formaler MINT-Bildung erreichen

INGRID KRUMPHALS, MARIA SCHWARZ, THOMAS PLOTZ, YULTUZ OMARBAKIYEVA, BIANCA WATZKA 478

Lernendenvorstellungen zu Wind von Primar- bis Oberstufe

BIANCA WATZKA, YULTUZ OMARBAKIYEVA, MARIA SCHWARZ, INGRID KRUMPHALS 482

Winddarstellungen verstehen im Primarbereich: Eine Eye-Tracking-Studie

DEBORAH MILWA, RITA WODZINSKI 486

Analysekompetenz beim Beurteilen von Erklärvideos im Sachunterricht

PATRICIA BREUNIG, KARSTEN RINCKE 490

Multidimensionale Untersuchung von Erklärvideos im Flipped Classroom

BENJAMIN STÖGER, CLAUDIA NERDEL 494

Entwicklung eines linera skalierten Messinstruments für mathematisches Modellieren in der Chemie

KEVIN KÄRCHER, HANS-DIETER KÖRNER 498

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge in der Chemie

CHRISTIANE RICHTER, KAI BLIESMER, MICHAEL KOMOREK 502

Lesson Study Plus - Weiterentwicklungsbedarfe einer Beobachtungsmethode

MAGDALENA MICOLOI, LANA IVANJEK, THOMAS SCHUBATZKY, SARAH WILDBICHLER, RAINER WACKERMANN, MIEKE DE COCK, GESCHE POSPIECH 506

Testinstrument zum kritischen Denken im Kontext Klimawandel (CTCC)

Vortragsblock I

LOTTE HAHN, THORID RABE 510

Physik-Erklärvideos – Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften

MADELEINE HÖRNLEIN, CHRISTOPH KULGEMEYER 514

Durch Lernaufgaben zum Konzeptwissen? Effektivität von Erklärvideos

SUSANNE METZGER, MARLENE LABUDDE, STEPHAN VONSCHALLEN, MALEIKA KRÜGER, CHARLOTTE SCHNEIDER 518

Erklärvideos im naturwissenschaftlichen Unterricht

CLAUS BOLTE, DENNIS DIETZ 522

Motivationseffekte im integriergten und fächerdifferenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht

JULIA WELBERG, DANIEL LAUMANN, SUSANNE HEINICKE 526
Motive zur Wahl und Befunde zum Fachinteresse Physik von Lernenden

XENIA SCHÄFER, SEBASTIAN HABIG 530
Interesse im Schülerlabor – eine Frage von Situation oder Disposition?

SEBASTIAN NELL, HEIDRUN HEINKE 534
Interessensförderung zur Quantenphysik in einem Nebenfach-Praktikum Physik

FLORIAN BUDIMAIER, MARTIN HOPF 538
Emergente Phänomene im Physikunterricht am Beispiel des Teilchenmodels

PAUL UNGER, KARSTEN RINCKE 542
Vergleich hinführender und rückführender Verknüpfung des Vorwissens im Physikunterricht: erste Ergebnisse

TANJA MUTSCHLER, STEFAN SORGE, DAVID BUSCHHÜTER, CHRISTOPH KULGEMEYER, ANDREAS BOROWSKI 546
Am Beispiel lernen: Der Einfluss der Strukturfolge auf den Lernerfolg

LISA STINKEN-RÖSNER, DANIEL LAUMANN 550
Messung der Einstellungen von Lernenden zu Experimenten im Unterricht

Vortragsblock J

SABINE STRELLER, ALEXANDER KNOECHELMANN, CLAUS BOLTE 554
Glückssache?! Zur Beurteilung von Versuchsprotokollen im Fach Nawi 5/6

ANJA LEMBENS, MORITZ MEIER, MARVIN ROST 558
Förderung Professioneller Unterrichtswahrnehmung zum Umgang mit Lernendenvorstellungen durch Videovignetten

MARTINA CAVELTI, CHRISTOPH GUT, MAIK WALPUSKI 562
Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens Entwicklung und Validierung eines Messinstruments

KATRIN BÖLSTERLI BARDY, SASCHA GRUSCHE, ALEXANDER STRAHL 566
Erwartungen an Physikschulbücher: Ein internationales Review

GABRIELA JONAS-AHREND, MARIKA KAPANADZE, ALEXANDER MAZZOLINI, FADEEL JOUBRAN 570

Ergebnisse einer Reviewstudie zur Evaluation von Physiklehrbüchern

MALTE SCHWEIZER, SASCHA SCHANZE 574

Webbasierte Angebote zur Unterstützung des Chemieunterrichts - Eine Bestandsaufnahme

SEBASTIAN TASSOTI 578

Wie löst ChatGPT eine Aufgabe zur Säure-Base-Chemie?

ERIKA KNACK, VANESSA FISCHER ,MAIK WALPUSKI 582

Untersuchung einer chemie-spezifischen Learning Progression für die SII

JONAS TISCHER, MICHAEL KOMOREK 586

Komplexe Themen in komplementär vernetzten Lernangeboten

CHARLOTTE SCHNEIDER, SUSANNE METZGER 590

Konzeptverständnis mit Triadenaufgaben messen Vorstellungen zu Radioaktivität und ionisierender Strahlung

JOS OLDAG, SASCHA SCHANZE 594

Wie wirkt Feedback bei Lernenden? Digitale Drag-and-Drop-Aufgabe zu Ionengittern mit Feedback

Postersymposien

TOM BLECKMANN, ANDRÉ MEYER, JOS OLDAG, MARKOS STAMATAKIS, ANZHELIKA MARKOVNIKOVA 598

LernMINT: Datengestützter Unterricht in den MINT-Fächern Postersymposium

ANZHELIKA MARKOVNIKOVA, SASCHA SCHANZE 602

Chemistry app for children with cerebral palsy based on the eye-tracker

ANDRÉ MEYER, ANETT HOPPE, GUNNAR FRIEGE 606

Adaptives Problemlösetraining zu Energie quantitativ Beitrag zum Postersymposium des Graduiertenkollegs LernMINT

TOM BLECKMANN, GUNNAR FRIEGE 610

Automatische Rückmeldung zu Concept Maps: Wie kann Machine Learning helfen?

MARIANNE KORNER 614

Akzeptanzbefragungen als Methode in der Ausbildung Lehramtsstudierender

PHILLIP GERALD SCHOßAU, UTA MAGDANS, REBECCA LAZARIDES, ANDREAS BORWOSKI 618

Synchrone und hybride Online-Lehrkräftefortbildungen im Vergleich

DENNYS GAHRMANN, IRENE NEUMANN, ANDREAS BOROWSKI 622

Leistungsdispositionen zum Physikstudienbeginn

ANNA HAAB, JAN-PHILLIP BURDE, STEFAN SCHWARZER 626

Authentische Einblicke in Studium & Forschung mit MINT-Studienbotschafter/innen

HENDRIK FLEISCHER, SASCHA SCHANZE 630

NaWi fit? Eine Studienorientierung zu Mathematik-Fertigkeiten

SEVAN KHAGY, OLIVER TEPNER 634

Einsatz von Lernvideos zur Unterstützung im Chemiestudium

NILAB ABBAS, ANNA B. BAUER, JOSEF RIESE, PETER REINHOLD 638

Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaterialien für Theoretische Physik

CHRISTOPH FRÖHLEKE, SALOME JANKE, SEBASTIAN HABIG, SABINE FECHNER 642

Evaluation eines digitalen Tools zur Laborpraktikumsvorbereitung

KEVIN SCHMITT, VERENA SPATZ 646

Auswertung inhaltlicher Besonderheiten im Vorwissen von Physik-Nebenfachstudierenden

KATHARINA GROß, NIKLAS PREWITZ, ANDREA SCHUMACHER 650

Educational Escape Games im Rahmen des Schülerlabors ELKE

CHRISTIAN GEORG STRIPPEL, KATHARINA GROß, ALEXANDER SCHUMACHER, NIKLAS PREWITZ, NADJA BELOVA, LUZIE SEMMLER, MARIE HANSEL, CHANTAL LATHWESEN, VALENTIN ENGSTLER, CHRISTINA TOSCHKA 654

ChemistryNeErDs–Chemie-Netzwerk Educational Escape Rooms Deutschland

VALENTIN ENGSTLER, ANNETTE MAROHN 658

chemical[esc]ape - Ein VR-basierter Escape Room zur Elektrochemie

CHANTAL LATHWESEN, NADJA BELOVA 662

Eine digitale Weltraummission im Escape-Room-Format durch die Grüne Chemie

KATRIN SOMMER, CHRISTINA TOSCHKA, THOMAS PHILIPP SCHRÖDER, CHRISTIAN GEORG STRIPPEL 666

Experimentelle Educational Escape Rooms in Schülerlabor und Schule

Postersessions

MARIA HINKELMANN, HEIDRUN HEINKE 670

Labs on Tour - ein Konzept zur MINT-Interessenförderung

FELIX PAWLAK, STEFAN SCHWARZER 674

MINT-Cluster „MINT me!“: Blended Learning im Schülerlabor

JANNE GROß, SIMONE ABELS 678

Adressierung von Mädchen an außerschulischen naturwissenschaftlichen Lernorten

PAUL BÖNING, GESCHE POSPIECH 682

Bewerten lernen an und mit außerschulischen Lernorten Eine Vergleichsstudie

TOBIAS BINDER, SOPHIE KURSCHILDGEN, ELVIRA SCHMIDT, KERSTIN KREMER, STEFAN SCHWARZER 686

Spirit Teaching 2.0 – NOS-Verständnis bei Schüler:innen fördern

JENS DAMKÖHLER, MARKUS ELSHOLZ, THOMAS TREFZGER 690

Reflexionskompetenz und Reflexionsqualität

CURTIS ELPELT, FRIEDERIKE KORNECK 694

Astrofotografie Ein außerunterrichtliches Projekt in der Oberstufe

MICHAEL KOMOREK, JANA DOROTHEA SCHMITZ, KAI BLIESMER 698

Physik im Jugendzentrum mit dem phymobil_OL

JOACHIM KRANZ, STEFFI TRENSE, RÜDIGER TIEMANN 702

Web Based Training zur „Inklusion in der digitalisierten Welt“ im naturwissenschaftlichen Unterricht

SANDRA UNGER, CORNELIA BORCHERT, GESA HEINRICH, KERSTIN HÖNER 706

Inklusion im Chemieunterricht bereits in der Lehrer*innenbildung anbahnen: Eine Lehrintervention zu Sprachsensibilität

TIMM FUHRMANN, SIMONE ABELS 710

Perspektiven der Lernenden auf inklusiven NAWI-Unterricht

FLORIAN LIST, SIMONE ABELS 714

Transformation von Schule durch inklusiven Nawi-Unterricht

ANJA FIETKAU, ELISABETH HOFER , SIMONE ABELS 718

Herausforderungen in der Planungsphase offenen Forschenden Lernens

MONIKA HOLLÄNDER, INSA MELLE 722

ChemDive online – das digitale Tool zur Planung von Chemieunterricht in diversen Lerngruppen

ANNE VOIT, AMINA ZEROUALI, JENNA KOENEN 726

Alles im Blick? – Umgang mit Simulationen zu Variablenkontrollstrategien (VKS)

ANTONIA KIRCHHOFF, STEFANIE SCHWEDLER 730

Lernen über Simulationen – das Modellverständnis von Simulationen bei Lehramststudierenden der Chemie

LISA BERING, RÜDIGER TIEMANN 734

Förderung der Modellierungskompetenz im Chemieunterricht durch MEA's

MARIE-CHRISTIN FRITZ, CHRISTINA EGGER, HERBERT NEUREITER, TIMO FLEISCHER 738

Zentrifugieren und Homogenisieren im Sachunterricht

PAULA FEHLINGER, YULTUZ OMARBAKIYEVA, INGRID KRUMPHALS, BIANCA WATZKA 742

Blickbewegungen beim Identifizieren von Graphen in p-V-Diagrammen

SIMON TAUTZ, STEFAN SORGE, MARCUS KUBSCH 746

Mithilfe von Bayesian Updating Activities zur epistemischen Kognition?

SEBASTIAN NICKEL, STEFFEN BROCKMÜLLER, SEBASTIAN HABIG 750

Wie nutzen Studierende Repräsentationen zur Komplexchemie?

LISA WEDEKIND, PASCAL POLLMEIER, SABINE FECHNER 754

Analyse der Analogiebildung in kontextorientierten Lernumgebungen

PATRICIA KÜHNE, SASCHA SCHANZE 758
Productive-Failure zur Förderung des Konzeptverständnisses
PATRICK SCHUCK, DIETMAR HÖTTECKE 762
Struktur für schwach strukturierte Socio-Scientific-Issues
ANNA LISKES, HELENA VAN VORST 766
Interessens- und leistungsbasierte Binnendifferenzierung im Chemieunterricht
ELISABETH DIETEL, TIMM WILKE 770
Situationales Interesse an medizinischen Kontexten im Chemieunterricht: Pilotstudie
MARKUS ELSHOLZ, WOLFGANG LUTZ, THOMAS TREFZGER 774
Das physikbezogene Selbstkonzept von Schüler:innen im Flipped Classroom
JANNIS MEMMEN, KAI BLIESMER, MICHAEL KOMOREK 778
Selbsteinschätzungskonzepte auf dem fachdidaktischen Prüfstand
LISA-MARIE CHRIST, FREDERIK BUB, OLAF KREY, THORID RABE 782
Physik und Ich? - Identitätsaushandlungen als Forschungsperspektive
KAREN SCHMIDT-BÄSE, JENNA KOENEN 786
MINT-Mädchenförderung im ländlichen Raum: Was hilft wirklich?
CORNELIA BORCHERT, STEFANIE SCHWEDLER 790
Science identity im (Chemie-)Studium der DACH-Region: Ein Literaturreview
RALF AUER, ARNO PFITZNER, OLIVER TEPNER 794
Steigerung experimenteller Kompetenzen durch Selbst- und Peerfeedback
MOSAB ABUMEZIED, DOMINIK DORSEL, SEBASTIAN STAACKS, CHRISTOPH STAMPFER, HEIDRUN HEINKE 798
Experimentieraufgaben für eine zeitgemäße Physikausbildung an Hochschulen
KATHARINA FORSTER, DOMINIK DIERMANN, JENNA KOENEN 802
DEAN – Digital unterstützt Experimentieren Eine Seminarkonzeption
HANNAH MONTZ, LAURA SÜHRIG, ROGER ERB 806
Einfluss der strukturellen Gestaltung von Arbeitsblättern auf den Experimentiererfolg

DIETMAR BLOCK, CHRISTIAN SCHULZE, JASMIN ANDERSEN 810
Laborino – Das smarte Taschenlabor
HAGEN SCHWANKE, MARKUS ELSHOLZ, THOMAS TREFZGER 814
Augmentierte Schülerexperimente in der E-Lehre: Wie förderlich ist diese Visualisierung?
TIMO HACKEMANN 818
Affektive Bindung an Naturwissenschaften – Resilienz als Schlüssel?
SVEN LEVETZOW, HEIDI REINHOLZ 822
Planung von Experimenten für den Physikunterricht - Eine Bestandsanalyse
ANNA RÜCHEL, ANDREAS BOROWSKI 826
360°-3D Videos in der Lehrkräftebildung
THOMAS BENEDIKT STEINMETZ, CHRISTIAN KREITER, THOMAS KLINGER, INGRID KRUMPHALS 830
Dioden-Kennlinien Remote-Labor für Schule und Studium
CAROLIN EITEMÜLLER, STEFAN RUMANN, VANESSA FISCHER 834
Unterstützen elektronische Laborjournale das Protokollieren im Fach Chemie?
CHRISTOPH MAUT, KAREL KOK, BURKHARD PRIEMER, STEFFEN WAGNER 838
Entwicklung eines Assessments zum Kritischen Denken
CLEMENS NAGEL 842
Vertrauenswürdigkeit von Messungen als Brücke zu Messunsicherheiten
TOBIAS LUDWIG, MARCUS KUBSCH, STEFAN SORGE, ENGIN KARDAŞ 846
Quellen von Unsicherheit beim Experimentieren - Welche Rolle spielen verschiedene Arten von Unsicherheiten beim Experimentieren?
ROBERT GIESKE, SOPHIE FREUDENBERG, CLAUS BOLTE 850
Adressatenorientierung in Texten: Schüler*innen erklären Lösevorgänge
PETER MICHAEL WESTHOFF, SUSANNE HEINICKE 854
Das Zeichnen als Erkenntnismethode im naturwissenschaftlichen Unterricht
KATRIN STEIN, UTA MAGDANS, ANDREAS BOROWSKI 858
Erklären Lernen mit visuellen Hilfen in der Physik-Lehrkräftebildung

VIKTORIA KONIECZNY, HEIKO KRABBE, VIVIEN HELLER 862

Untersuchung von Erklärungen in konzeptbildenden Unterrichtsgesprächen

BEATE FICHTNER, KATHARINA GROß 866

Vorstellungen von Lehrenden zur Erklärung im Chemieunterricht

REBECCA MÖLLER, DIETMAR HÖTTECKE 870

Nutzung der Familiensprachen durch Schüler:innen in sprachexplizitem Physikunterricht

ALINA MAJCEN, PHILIPP SPITZER 874

Schüler:innen kommunizieren Wissenschaft - Ein Perspektivenwechsel

JONAS PONATH, CLAUDIA BOHRMANN-LINDE, ISABEL RUBNER, KATRIN SOMMER, SABINE FECHNER 878

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen (angehender) Chemielehrkräfte

JENNA KOENEN, AMITABH BANERJI, SASCHA BERNHOLT, DOMINIK DIERMANN, CONSTANTIN EGERER, CAROLIN FLERLAGE, STEFANIE HERZOG, STEFANIE LENZER, ILKA PARCHMANN 882

Lehrkräfteprofessionalisierung in den MINT-Kompetenzzentren

MARIE SCHÜßLER, CLAUDIA TENBERGE, KATJA MARIA AUF DER LANDWEHR, NICOLA MESCHEDE, ANNA WINDT, MARIE-THERES RONNEBAUM, MAJA BRÜCKMANN 886

Lehrerprofessionalisierung für digital gestützten naturwissenschaftlichen-Sachunterricht

HEIDRUN HEINKE, AHMAD ASALI, JENS NORITZSCH, JIRKA MÜLLER, LUKAS MIENTUS, ANDREAS BOROWSKI 890

D4MINT: Digitale Ressourcen zur Schulung experimenteller Kompetenzen

MARTINA GRAICHEN, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, REBECCA KLEIN, NADINE TRAMOWSKY 894

Fortbildungen zum digitalen adaptiven Unterrichten im Sachunterricht

CELINA KIEL, STEFANIE SCHWEDLER 898

Lehrkräftefortbildungen zum Lernen mit Simulationen im teutolab-chemie

MARINA BRUSDEILINS, SIMONE ABELS, EVA BLUMBERG, MAJA BRÜCKMANN, CELINA KIEL, DAVID MEYER, STEFANIE SCHWEDLER, LISA STINKEN-RÖSNER, ANNKATHRIN WENZEL, MATHIAS ZIEGLER 902

Schülerlabore als Ort der Lehrkräftefortbildung in der digitalen Welt

MATHEA BRÜCKNER, ANNA HENNE, JOHANNES HUWER, BARBARA PAMPEL, LARS-JOCHEN THOMS, SABRINA SYSKOWSKI, MANUEL KRUG, NIKOLAI MAURER, DANIEL BRAUN, SIMON MARTIN, ANJA BEUTER, LISA HEIM 906

DiKoLAN als Basis im Kompetenzzentrum MINT-ProNeD (Konstanz)

JOSEF RIESE, JAN-PHILIPP BURDE, KASIM COSTAN, RIKE GROßE HEILMANN, CHRISTOPH KULGEMEYER, THOMAS SCHUBATZKY, DAVID CHRISTOPH WEILER 910

Adaptive Fortbildungen zu digitalen Medien im Physikunterricht

DOMINIK DIERMANN, CONSTANTIN EGERER, CAROLIN FLERLAGE, STEFANIE HERZOG, STEFANIE LENZER, AMITABH BANERJI, SASCHA BERNHOLT, ILKA PARCHMANN, JENNA KOENEN 914

DigiProMIN: Lehrkräftefortbildungen für digitalen Chemieunterricht Kohärente Unterrichtsplanung zu digital gestütztem forschend-entdeckendem Lernen

ANDREAS ANZENGRUBER, TIMO FLEISCHER, JÖRG ZUMBACH 918

Effekte von Prompting beim Augmented Learning im Sachunterricht der Primarstufe

LAURA HAARHUS, MARISA ALENA HOLZAPFEL, MAJA BRÜCKMANN 922

AR-Dinosaurier-Modelle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

JOHANN-NIKOLAUS SEIBERT 926

CLeVerLAB:digital - Im Tandem zur Digitalisierung im Chemieunterricht

AHMAD ASALI, MAJEED TANVEER, SEBASTIAN STAACKS, HEIDRUN HEINKE, LAURA VÖCKEL, FABIOLA HAAS, TIMO KLEIN-SOETEBIER, JULIA MIERAU, HEINKE NITZSCHE 930

Phyphox-basierte Analyse der Newton’schen Mechanik im Tischtennisspiel

ALEXANDER KAUERTZ, KATHARINA GIERL 934

Digitale kollaborative Lernaufgaben im Physikunterricht

SIMONE ABELS, RONJA SOWINSKI, ELISABETH HOFER, ANNIKA RODENHAUSER, LISA STINKEN-RÖSNER 938

Entwicklung eines Virtuellen Lernraums zum Digitalen Kompetenzerwerb

GINA BLICK, SABRINA SYSKOWSKI, PHILIPP MÖHRKE, SÖREN KANNEGIESER, JOHANNES HUWER, CHRISTOPH THYSSEN, LARS-JOCHEN THOMS 942

Projekt digiSTAR – digital augmented Science Teaching and Research

BIANKA WARTIG, LISA STINKEN-RÖSNER 946

Level up! – Digital Gamification im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

THOMAS WILHELM 950

Ein Lehrbuch zum digitalen Physikunterricht

FLORIAN TRAUTEN, CAROLIN EITEMÜLLER , MAIK WALPUSKI 954

Interaktive E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback in der Allgemeinen Chemie

KENDRA ZILZ, DIETMAR HÖTTECKE 958

Science Media Literacy - Entwicklung eines Performanztests

LUTZ KASPER, ANN-KATRIN KREBS, JOCHEN PFEIFER, HANNES NEPPER 962

DIY-Fledermausdetektor mit Gamification-Elementen

CHRISTIAN DICTUS-CHRISTOPH, RÜDIGER TIEMANN 966

MINT-Town: Critical Thinking Skills spielerisch lernen

NILS BERGANDER, JOLANDA HERMANNS, NASTJA RIEMER 970

Digitale Lernumgebungen zur Förderung des selbstregulierten Lernens in Chemie

MELANIE JORDANS, JOSEF RIESE 974

Planung von Physikunterricht mit sinnvoller Einbettung digitaler Medien: Welches Wissen wird dabei genutzt?

STEPHANIE EUGSTER, MATHIAS K. KIRF 978

Mit Mikrocontrollern: Dynamische Daten in den Naturwissenschaften

JULIAN HILLEBRAND, MICHAEL KOMOREK, KAI BLIESMER 982

Funktionsprinzip von Wärmepumpen verstehen

KAI BLIESMER, MICHAEL KOMOREK 986
Energie- und Klimabildungszentrum
MICHAEL GINSEL, KAI BLIESMER 990
Der nachhaltige Wohnungsbau als BNE-Kontext im Fach Physik
SIMON HERMANNS, KAI BLIESMER, MICHAEL KOMOREK 994
Dilemmata rund um Windkraftanlagen als Kontext für BNE im Lernlabor
KRENARE IBRAJ, YANNICK L. LEGSCHA, MARKUS PRECHTL 998
Bildung für nachhaltige Entwicklung durch Systems Thinking?
ISABEL ZACHERT, BJÖRN RISCH 1002
Eine Rolle spielen – Bewertungskompetenz im Chemieunterricht fördern
MATTHIAS FASCHING, MARTIN HOPF 1006
Intentionen & Beliefs zum Bewerten von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht
CHRISTINA PRIERT, JÜRGEN MENTHE 1010
Typisierung von Jugendlichen im Umgang mit der Klimakrise
SARAH WILDBICHLER, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER 1014
Forschungsgeleitete Entwicklung einer Lernumgebung zum Treibhauseffekt
BENJAMIN MÜNCH, OLIVER TEPNER 1018
Klassifikation schriftlicher Reflexionen mit Large Language Models
TOBIAS BIER, MAIKE SAUER, DIRK FELZMANN, ALEXANDER KAUERTZ, BJÖRN RISCH, SANDRA NITZ 1022
SystemThink – Systemdenken in den naturwissenschaftlichen Fächern
BRIAN HESSE, KATHARINA GROß 1026
Chemie vernetzt vermitteln – Diagnose aufgabenbasierter Lernanlässe
BENJAMIN GROß, JAN-PHILIPP BURDE, AUGUSTIN KELAVA, JUDITH GLAESSER, LANA IVANJEK, SALOME FLEGR 1030
Pilotierung eines dreistufigen Testinstruments zur Elektrizitätslehre
LEONIE JASPER, INSA MELLE 1034
ChemApro – Ein Tool zum Unterstützen von Lernenden im Chemieunterricht

CHRISTIAN NOSKO, SUSANNE JAKLIN-FARCHER, KATRIN REITER, ANJA LEMBENS 1038

„Saures und basisches im Alltag“ – Materialien für den Sachunterricht in der Primarstufe

CARSTEN ALBERT, GESCHE POSPIECH 1042

Quantenphysik in Klasse 9 - Entwicklung und Evaluierung eines Lehrkonzeptes

STEFAN KRAUS, THOMAS TREFZGER 1046

PUMA : Optiklabor – eine WebAR-Anwendung zur Unterstützung der Optiklehre

NINA PELTZER, DANIEL RÖMER, JAN WINKELMANN 1050

Wahrnehmung physikalischer Erklärungen – eine Eye-Tracking Studie

Autorenverzeichnis 1054

Helena van Vorst Geschäftsführerin der GDCP

Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP e. V.) vom 11. bis 14. September 2023 in Hamburg bot unter dem Tagungsthema

Frühe naturwissenschaftliche Bildung

nicht nur die Gelegenheit, sich über die aktuellen Entwicklungen im Bereich des Lehrens und Lernens in den Fächern Chemie, Physik, dem naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht sowie der frühen naturwissenschaftlichen Bildung im Kindergartenalter zu informieren und auszutauschen, sondern stellte gleichzeitig einen Rahmen zur Feier des 50-jährigen Bestehens der Gesellschaft dar.

Gemeinsam mit über 500 Tagungsgästen wurden aktuelle Themen in drei Plenarvorträgen, drei thematischen Workshops, 20 Poster- und Vortragssymposien sowie 277 Einzelpostern und -vorträgen diskutieren. Ein besonderes Highlight stellte der Festakt zum 50. Geburtstag der GDCP am 13. September dar, in welchem gemeinsam mit den Tagungsgästen und geladenen Ehrengästen die Farbe Orange, die bei der Gründung der Gesellschaft in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts vielleicht nicht zufällig in das Logo der GDCP aufgenommen wurde, zu neuem Leben erwachte. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Elke Sumfleth und Horst Schecker, die in einem gemeinsamen Gespräch im Plenum die Geschichte der GDCP aus einer persönlichen und unterhaltsamen Sicht haben Revue passieren lassen.

Darüber hinaus möchte ich mich an dieser Stelle bei den Plenarreferentinnen Ilonca Hardy (Goehte-Universität Frankfurt am Main), Tessa van Schijndel (Universiteit van Amsterdam), und Hedwig Gasteiger (Universität Osnabrück) bedanken, die in ihren Beiträgen das Tagungsthema der frühen naturwissenschaftlichen Bildung aus verschiedenen Perspektiven diskutierten und so neue, wichtige Impulse für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema setzten.
Insbesondere gilt mein Dank der örtlichen Tagungsleitung in Hamburg, namentlich Mirjam Steffensky und Dietmar Höttecke, für die große Gastfreundschaft und hervorragende Organisation der Jahrestagung 2023 am Standort, sowie ihren zahlreichen Helferinnen und Helfern vor Ort für die unverzichtbare Unterstützung bei der Ausrichtung der Tagung.

Essen, im Juni 2024 HvV

Mirjam Steffensky[1] [1]Universität Hamburg
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam

Einführung

Liebe Mitglieder der GDCP, liebe Tagungsteilnehmer*innen,

50 Jahre GDCP – wenn das kein Grund zum Feiern ist. Dieser runde Geburtstag war ein Kern der Jahrestagung 2023. Es wurde erinnert, gratuliert, gelacht, gemeinsam Happy Birthday gesungen, Ukulele gespielt und sehr viel Orange getragen und das bei schönstem Hamburger Wetter. Vielen Dank für die bereichernde und kurzweilige Präsentation von Elke Sumfleth und Horst Schecker zu 50 Jahren GDCP. Die Auseinandersetzung mit der Geschichte der GDCP war sowohl für jüngere wie auch ältere Mitglieder ein Gewinn, weil sie uns die Bedeutung dieser Fachgesellschaft als Ort einer gemeinsamen kritisch-konstruktiven Auseinandersetzung nochmal illustriert hat. Sie hat aber auch verdeutlicht, dass die GDCP erst durch Visionen, Hartnäckigkeit und vor allem intensive Arbeit vieler Chemie- und Physikdidaktiker*innen zu der GDCP geworden ist, die wir heute als selbstverständlich annehmen.

Selbstverständlich wurde auf dieser Jahrestagung nicht nur gefeiert, sondern auch oder vor allem mit über 500 Tagungsteilnehmer*innen über 160 Poster und 216 Vorträge und drei fachlichen Plenarvorträge diskutiert. Mit dem Tagungsthema *Frühe naturwissenschaftliche Bildung* wurde ein Forschungsgebiet gewählt, das eher am Rand der GDCP, aber trotzdem für die Chemie- und Physikdidaktik relevant ist. Naturwissenschaftliche Bildungsprozesse beginnen eben nicht erst in der Sekundarstufe, sondern viel früher in häuslichen Lernumgebungen, wie in der Kita (Kindertagesstätten). Gerade vor dem Hintergrund der sozialbedingten Disparitäten wird die frühe Förderung anschlussfähiger Kompetenzen intensiv diskutiert. Während viele Fragen im Kontext der vorschulischen Bildung ähnlich zu denen der fachdidaktischen Unterrichtsforschung sind, z. B. was anregende und motivierenden Interaktionen auszeichnet oder welche professionellen Kompetenzen pädagogische Fach- und Lehrkräfte benötigen, gibt es auch zentrale Unterschiede. So gibt es in der Kita keine Fächer, die Bildungspläne stellen allenfalls einen orientierenden Rahmen dar, pädagogische Fachkräfte haben in der Regel keine akademische Ausbildung, Lernen findet oft in sehr offenen spielbasierten Settings statt und die Diskussion in der Praxis, aber auch der Wissenschaft ist sehr stark geprägt von dem Spannungsfeld zwischen Orientierung am Kind und Orientierung an der Fachlichkeit.

Mit den drei Plenarvorträgen wurden drei Schwerpunkte aufgegriffen, die charakteristisch für das Feld der frühen domänenspezifischen Bildung sind: 1.) Verknüpfung sprachlicher und domänenspezifischer Bildungsprozesse, 2.) Anregung kindlicher Neugierde an der Welt als ein zentrales Ziel früher Bildung und 3.) domänenspezifische Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte.

Im ersten Plenarvortrag setzte Prof. Dr. Ilonca Hardy, Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarstufe der Goethe Universität Frankfurt, sich mit der Bedeutung von Sprache für das naturwissenschaftliche Lernen auseinander. Sprache ist als Denk- und Vermittlungswerkzeug und als Ziel von Bildungsprozessen für alle Bildungsstufen zentral. Im Elementarbereich

erfährt die Förderung sprachlicher Fähigkeiten eine besondere Aufmerksamkeit, da diese als grundlegend für (spätere) erfolgreiche Bildungsverläufe angesehen werden. Sprachliche Förderung in der Kita wird häufig in bedeutungshaltigen Bildungskontexten, z.B. Naturwissenschaften, vorgenommen, oft als integrierte Sprachförderung bezeichnet. Ilonca Hardy verdeutlichte in ihrem Beitrag wie die sprachliche Entwicklung mit dem naturwissenschaftlichen Konzeptaufbau einher geht und wie beides durch gezieltes sprachliches Scaffolding unterstützt werden kann.
Im zweiten Plenarvortrag widmete sich Prof. Dr. Tessa van Schijndel von der Faculty of Social and Behavioural Sciences der Universität Amsterdam der Frage nach der Entwicklung kindlicher Neugierde in Bezug auf die Naturwissenschaften. Neugierde wird als ein zentrales Entwicklungsziel für jüngere Kinder angesehen, unter anderem, weil es im engen Zusammenhang mit einer erhöhten Aufmerksamkeit und Lernprozessen steht. Im Mittelpunkt des Beitrags stand die Frage nach der Anregung kindlicher Neugierde im Zusammenhang mit der Exploration naturwissenschaftlicher Phänomene.
Der dritte Plenarvortrag wurde von Prof. Dr. Hedwig Gasteiger vom Institut für Mathematik an der Universität Osnabrück gehalten. Die mathematikdidaktische Perspektive auf das Feld der frühen Bildung ist insofern besonders interessant, weil es hier anders als in den Naturwissenschaften zumindest für ausgewählte Bereiche z.B. den Zahlbegriff, viele Erkenntnisse über die Entwicklung von Kompetenzen gibt. So gab der Beitrag einen Einblick in mathematische Kompetenzen von Kindern und widmete sich dann der Frage nach der Förderung und Wirkung mathematischer professioneller Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte.

Mirjam Steffensky und Andreas Borowski

Ilonca Hardy Goethe-Universität Frankfurt

Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Zur Bedeutung der Sprache für die Konzeptentwicklung

Die frühe naturwissenschaftliche Bildung erfährt seit einigen Jahren Aufmerksamkeit in Bildungsforschung, Bildungspraxis und Bildungsadministration. Naturwissenschaftliche Bildung, verstanden als *Scientific Literacy*, zielt auf die Teilhabe von Individuen an gesellschaftlichen Prozessen, Entscheidungsfindungen und informierten Handlungen (z.B. Labudde & Möller, 2012) und umfasst auch frühe Bildungserfahrungen von Kindern zwischen vier und sechs Jahren als Grundlage für domänenspezifische Lernentwicklungen in der Schulzeit. Die Ziele einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung im Rahmen institutionalisierten Lernens in der Kindertagesstätte (KiTa) werden dabei multikriterial gefasst und betreffen das Aufgreifen von kindlichen Erfahrungen mit Phänomenen der Umwelt, die Entwicklung von naturwissenschaftlichem Begriffswissen sowie prozessbezogenem Wissen und die Entwicklung von Interessen, Lernfreude und Selbstwirksamkeit (z.B. Steffensky, 2017). Die Ziele und spezifischen Inhalte der frühen naturwissenschaftlichen Bildung werden in entsprechenden Bildungsplänen der Bundesländer zusammengefasst, wobei Umfang und Tiefe des angestrebten begrifflichen Wissens unterschiedlich ausgelegt werden. Aus Untersuchungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung in Deutschland ist bekannt, dass trotz gemeinsamer übergreifender Zielsetzungen die Häufigkeit und die Qualität der Umsetzung eher gering sind (Kucharz et al., 2014; Steffensky, 2017). Insbesondere hat sich die kognitiv aktivierende und längerfristig anregende Begleitung von Lernprozessen als Herausforderung für das pädagogische Fachpersonal herausgestellt. Dabei weisen diverse empirische Untersuchungen auf die Bedeutung der Qualität und Quantität sprachlicher Interaktionen für die sprachliche und kognitive Entwicklung von Kindern hin, die auch für die naturwissenschaftliche Domäne von Relevanz sind (z.B. Kempert, Schalk & Saalbach, 2019). In diesem Beitrag soll die Bedeutung der Sprachverwendung im Kontext früher naturwissenschaftlich Bildung auf unterschiedlichen analytischen Ebenen beschrieben werden. Dabei werden die kindliche Begriffsentwicklung in den Blick genommen und auf dieser Grundlage exemplarische Befunde zur Nutzung von Sprache in Bildungskontexten eingeordnet.

Konzeptuelles Wissen in der frühen Kindheit

Domänenspezifisches Wissen

In einem Zusammenspiel entwicklungspsychologischer, erziehungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung konnten Bedingungen für den Erwerb begrifflichen Wissens in unterschiedlichen Altersgruppen und Domänen herausgearbeitet werden. So hat sich beispielsweise gezeigt, dass Theorien des *Conceptual Change* für die Erklärung der Entwicklung früher kindlicher Vorstellungen tragfähig sind. Sogenanntes Kernwissen wie Wissen zur Gravitation, Solidität, Materie und deren epistemologische Rahmungen in mentalen Modellen können das kindliche Konzeptwissen zu Phänomenen in unterschiedlichen Altersgruppen beschreiben (Carey, 2000; Vosniadou, 2013). Dabei wird konzeptuelles Wissen verstanden als kognitiv repräsentierte, individuelle Vorstellungen, welche zur Strukturierung und Klassifizierung von Gegenständen, Ereignissen oder Sachverhalten herangezogen werden. Der Aufbau einer solchen Wissensstruktur basiert u.a. auf dem Prozess der

Kategorisierung von wahrgenommenen Ähnlichkeiten in der Umwelt. Entsprechende Kategorisierungsprozesse finden bereits im Säuglingsalter statt (Siegler, Eisenberg, DeLoache & Saffran, 2016). Im Alter von drei bis vier Monaten erkennen Säuglinge beispielsweise im Habituations-Dishabituations-Experiment, dass sich Katzen von Hunden und Löwen unterscheiden (Quinn & Eimas, 1996). Zudem finden sich Belege dafür, dass Säuglinge grundlegende Konzepte von Zahl, Objekteigenschaften und Kausalität nutzen, um Kategorien aufzubauen und diese zu differenzieren sowie entsprechende Erwartungen in Bezug auf ihre Umwelt zu bilden. Eine Entwicklung bei der Kategorisierung ist insbesondere bei den wahrgenommenen Merkmalen zu beobachten, welche für die Konstruktion von Ordnungen herangezogen werden. So werden Kategorien ab etwa dem ersten Lebensjahr nicht nur über die perzeptuelle Ähnlichkeit (Farbe, Größe, Form) von Objekten, sondern zunehmend über gemeinsame Funktionen und Strukturen gebildet, so dass definitorische Merkmale abstrahiert werden können (Goswami, 2001). Diese wiederum dienen der Überführung von Basiskategorien in Unter- und Oberbegriffe und führen zum Aufbau einer zunehmend differenzierten konzeptuellen Wissensbasis (vgl. Hardy & Meschede, 2018).

In Bezug auf das bereichsspezifische konzeptuelle Wissen im KiTa-Alter kann zwischen Konzepten der belebten und der unbelebten Natur unterschieden werden (vgl. Leuchter, 2017; Osterhaus, Brandone, Vosniadou & Nicolopoulou, 2020). Zur belebten Natur werden Vorstellungen zu Lebewesen, Evolution, Vererbung und dem Ökosystem gerechnet. Als konstitutiv für Lebewesen werden dabei von jüngeren Kindern sowohl wahrnehmbare Eigenschaften wie Beine und Fortbewegung als auch nicht wahrnehmbare Merkmale wie Verdauung und Vererbung gesehen (Gelman, 2003). Schon drei- bis vierjährige Kinder können unterscheiden, dass nur Pflanzen und Tiere, nicht aber Autos und Fahrräder wachsen können (Mähler, 1999). Dennoch bildet sich eine spezifische biologische Domäne mit der Unterscheidung zwischen Pflanzen als Lebewesen und Menschen als Tieren und den verbundenen Merkmalen von Vererbung, Wachstum und Krankheit erst im beginnenden Grundschulalter heraus. Neben solchen Ausdifferenzierungen zur belebten Natur entwickeln Kinder zunehmend sophistizierte Vorstellungen zur unbelebten Natur, wie solche zur Materie, Kraft, Energie, Zeit und Geschwindigkeit (zsfd. Leuchter, 2017; Steffensky, 2017).

Beispielhaft soll dargestellt werden, welche Befunde zum Materialkonzept im KiTa-Alter vorliegen. Mit rezeptiven Aufgabenformaten wurde das spontane Erkennen und Einordnen von Objekten unterschiedlicher Materialien erfasst; mit produktiven Aufgabenformaten sollte hingegen durch Auffordern zur Begriffsnennung bzw. zu Erklärungen das explizite Materialverständnis erschlossen werden. In der FinK-Studie[1] (Bürgermeister et al., 2022) zeigte sich, dass es bei einem N von 327 Kindern im Alter von 4 bis 6 Jahren große Unterschiede in Bezug auf den Bekanntheitsgrad von Materialien und der Schwierigkeit der Zuordnung gab. Während der Materialbegriff Holz bereits 63% der Kinder und der Materialbegriff Knete sogar 80% der Kinder bekannt waren, galt dies für die Materialien Kork mit 8%, Styropor mit 16% und Wachs mit 11% in deutlich geringerem Ausmaß. In der Regel war es für die Kinder wie erwartet einfacher, rezeptive Aufgaben zu bearbeiten. So waren 71% in der Lage, das Material Metall korrekt zuzuordnen, aber nur 38% konnten die Begriffe Metall oder Eisen nennen (vgl. Bürgermeister et al., 2021). Auch die Begriffe schwimmen und sinken konnten mit 29% bzw. 24% nicht alle Kinder als Synonyme von „geht nach unten“ und „geht nach oben“ benennen. Bei Leuchter, Saalbach & Hardy (2014) wurde anhand

---

[1] BMBF-Projekt Formatives Assessment in der inklusiven naturwissenschaftlichen Bildung der KiTa, Förderkennzeichen 01NV1724A-D unter Leitung von M. Steffensky, M. Leuchter, H. Saalbach & I. Hardy

produktiver Aufgaben darüber hinaus das Begriffswissen junger Kinder zum Schwimmen und Sinken erfasst und drei grundlegende Erklärungen unterschieden: Gewicht, Form und Material. Vor einer umfassenden Intervention mit vier- bis neunjährigen Kindern (N=266) lag der Hauptanteil von Erklärungen auf dem Gewicht von Gegenständen, während sich dieser in zwei Postbefragungen signifikant reduzierte und die Erklärungen mit Bezug zum Material fast 50% der Antworten ausmachten. Dies zeigt, dass über strukturierte Lerngelegenheiten konzeptuelles Wissen zum Material als wirkmächtige Erklärung für das Phänomen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen aufgebaut werden kann und die Bedeutsamkeit von perzeptuell salienten Merkmalen reduziert wird.

Wissenschaftliches Denken und prozessbezogenes Wissen

Neben dem domänenspezifischen Wissen ist von Interesse, welche Fähigkeiten junge Kinder im Bereich des wissenschaftlichen Denkens aufweisen. Wissenschaftliches Denken wird verstanden als Prozess der Erkenntnisgewinnung aus Beobachtungen der Umgebung, aus Experimenten und aus Datenmustern (Sandoval, Sodian, Koerber & Wong, 2014). Es basiert auf analytischen Prozessen der Integration von empirischer Evidenz mit theoretischen Konstrukten. Kognitive Prozesse wie solche des induktiven und deduktiven Schließens führen wiederum zu Erkenntnisgewinnen, die zur Konstruktion einer domänenspezifischen Wissensbasis beitragen (Kuhn, 2011; Morris, Masnick, Zimmerman & Croker, 2012). Unterschiedliche Klassifizierungen liegen für das wissenschaftliche Denken vor. Allgemein werden das Verständnis von Experimentierstrategien, die Fähigkeit zur Dateninterpretation, das Wissenschaftsverständnis sowie die Theorie-Evidenzunterscheidung als zentrale Komponenten gefasst (zsfd. Koerber & Osterhaus, 2019; Leuchter, 2017; Leuchter & Hardy, 2021). Daneben gelten epistemische Aktivitäten wie das Fragen stellen, Beobachten, Untersuchungen planen, Untersuchungen durchführen, Daten sammeln, Messen, Interpretieren und Dokumentieren als grundlegend insbesondere im Rahmen von Zielsetzungen und Gestaltungprinzipien von Bildungsgelegenheiten. Auch für die frühe naturwissenschaftliche Bildung liegen entsprechende kompetenzbezogene Beschreibungen vor (z.B. Steffensky & Hardy, 2013).

Die Befundlage im Bereich des wissenschaftlichen Denkens bei Kindern im KiTa-Alter wird u.a. bei Zimmerman (2007) und bei Leuchter und Hardy (2021) zusammengefasst. Anders als lange angenommen sind junge Kinder im Alter von vier bis sechs Jahren in der Lage, Hypothesen zu generieren, Datenmuster zu erkennen und Daten für Schlussfolgerungen zu nutzen (z.B. Köksal-Tuncer & Sodian, 2018). So können sie Aufgaben unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie lösen, insbesondere, wenn sie über direkte Instruktion und verbale Maßnahmen unterstützt wurden (van der Graaf, van de Sande, Gijsel & Segers, 2019). Befunde zeigen zudem, dass Vorschulkinder eine Hypothese auf der Grundlage empirischer Daten formulieren und Evidenz und verbale Erklärungen generieren können, welche wiederum für die Falsifikation einer inkorrekten Aussage nötig sind (Köksal-Tuncer & Sodian, 2018; Piekny & Mähler, 2013). Allerdings sind Interpretationen von Kindern in diesem Alter noch davon abhängig, ob die Evidenz mit den eigenen Überzeugungen übereinstimmt (Koerber, Sodian, Thoermer & Nett, 2005). Die Erfassung der Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken wird bei Koerber und Osterhaus (2019) und Osterhaus und Koerber (2023) mit dem Instrument *Science-K* umgesetzt, welches aus dem Grundschulbereich für die vorschulische Altersgruppe adaptiert wurde. Beispielsweise werden Kinder darin anhand von bebilderten Auswahlitems dazu aufgefordert zu entscheiden, welche von drei Fragen wohl von einem Forscher gestellt wurde (Wissenschaftsverständnis), wie es ein Protagonist schaffen kann herauszufinden, ob sein Hund hoch springen kann (Experimentierstrategien) oder welches Bild zeigt, dass eine Aussage bestätigt oder widerlegt

wurde (Dateninterpretation). In einer Querschnittstudie mit N=227 Kindern im Vorschulalter zeigte sich, dass durchschnittlich 36% der Aufgaben zum Wissenschaftsverständnis gelöst wurden, 42% der Aufgaben zu Experimentierstrategien und 50% der Aufgaben zur Dateninterpretation. Die Autor:innen schlussfolgern, dass ab dem Alter von sechs Jahren das wissenschaftliche Denken als globales, eindimensionales Konstrukt reliabel erfassbar ist (Koerber & Osterhaus, 2019). Es zeigte sich zudem, dass das wissenschaftliche Denken durch die individuelle Sprachfähigkeit, die kognitive Grundfähigkeit sowie die *Theory of Mind* vorhergesagt werden konnte ($R^2 = .23$) und dass das domänenspezifische Wissen wiederum durch das wissenschaftliche Denken, die Sprachfähigkeit, die kognitive Grundfähigkeit und die *Theory of Mind* ($R^2 = .32$) vorhersagbar war. Weitere Befunde einer Längsschnittstudie sprechen dafür, dass das wissenschaftliche Denken ab dem Alter von sechs Jahren unter Kontrolle von Intelligenz und Sprachfähigkeit relativ stabil bleibt (Koerber & Osterhaus, 2023).

Es lässt sich zusammenfassen, dass Kinder im Alter von vier bis sechs Jahren grundlegendes domänenspezifisches Wissen zur belebten und unbelebten Natur aufgebaut haben sowie Prozesse der Hypothesenbildung, der Dateninterpretation und weiterer Erkenntnisgewinnung anwenden können, auch wenn dies nicht konsistent der Fall ist. Auf der Grundlage dieser Befunde soll im Weiteren die Bedeutung der Sprache für die begriffliche Entwicklung betrachtet werden. Eine Reihe von Annahmen und Befunde der fachdidaktischen Unterrichtsforschung weisen auf den Zusammenhang zwischen Sprachverwendung, fachlichem Lernen und Bildungsverläufen hin (vgl. Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann & Vollmer, 2013; Becker-Mrotzek, Gogolin, Roth & Stanat, 2023) und begreifen die Verwendung sprachlicher Mittel als Ausgangspunkt für domänenspezifische Lernprozesse (Prediger & Hardy, 2023; Saalbach & Kempert, 2023).

Die Bedeutung der Sprache aus sozio-kultureller Perspektive

Die sozio-kulturelle Perspektive sieht individuelle kognitive Entwicklung als verschränkt mit dem sozialen und kulturellen Kontext (vgl. Rogoff, 1990; 2003; Tomasello, 2008; Vygotsky, 1978). Rogoff (2003) unterscheidet drei Betrachtungsebenen der Interaktion zwischen Individuum und Kontext: Die Ebene der Appropriation, die Ebene der gelenkten Partizipation und die Ebene der Gemeinschaft. Auf der Ebene der Appropriation wird Lernen als Veränderung eines Individuums als Ergebnis der Auseinandersetzung mit dem sozialen Kontext gesehen. Diese individuelle Aneignungsebene ist fundamental durch Sprache geprägt. Auch nach Tomasello (2008) dient Sprache nicht nur der kognitiven Repräsentation sowie der Explikation von Wissen, sondern auch der Bedeutungskonstruktion im sozialen Austausch. Vygotsky (1978) begründet die Rolle der Sprache unter anderem im Prozess der Internalisierung, also dem Übergang von der interpsychischen zur intrapsychischen Ebene. (Schrift-) Sprache und andere kulturell geteilte Zeichen werden hier als kognitive Werkzeuge verstanden, welche individuelle Denkprozesse ko-konstituieren und langfristig verändern. Auf der zweiten Ebene nach Rogoff (1990) wird Lernen als Prozess der gelenkten Partizipation im zwischenmenschlichen Austausch beschrieben werden. Diese Ebene ist besonders anschlussfähig an die Konstrukte der *Zone der proximalen Entwicklung* sowie des *Scaffolding* (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010), da die Rolle der verbal vermittelten Unterstützung durch Interaktionspartner:innen für die (domänenspezifische) Konzeptentwicklung adressiert wird (vgl. Kempert, Schalk & Saalbach, 2019). Auf einer dritten, gemeinschaftlich-kulturellen Ebene wird Lernen als Teilhabe an kulturell geprägten Aktivitäten verstanden. Mitglieder einer kulturellen Gemeinschaft entwickeln ihr Verständnis grundlegender Prozesse durch Teilnahme an bzw. Gestaltung von zentralen Diskursen und Aktivitäten, welche Denkweisen, Wertehaltungen und Sprachverwendung der Beteiligten umfassen (vgl. auch *Community of*

Learners, Brown & Campione, 1994). Dieser Enkulturationsprozess lässt sich auch auf Bedingungen des schulischen Lernens übertragen und adressiert die Annäherung an die spezifischen handlungsleitenden Denkweisen innerhalb unterschiedlicher Fachkulturen.

Der Zusammenhang zwischen konzeptueller Entwicklung und Sprachverwendung auf unterschiedlichen Analyseebenen

Im Folgenden werden vor dem Hintergrund unterschiedlicher Betrachtungsebenen des Zusammenwirkens von Individuum und Kontext Forschungsergebnisse zusammengefasst, welche die Bedeutung der Sprachverwendung für die Konzeptentwicklung bei jungen Kindern exemplifizieren.

Die Bedeutung der Begriffsverwendung

In Bezug auf die Entwicklung des domänenspezifischen Wissens bei jungen Kindern werden in der Kognitionspsychologie Prozesse der Kategorienbildung hervorgehoben, so beispielsweise bei der Entwicklung räumlicher Orientierung, dem Begriffslernen und den sozialen Vergleichen (Gentner, 2016; Gentner & Hoyos, 2017). Insbesondere geht es bei der Kategorienbildung um das analoge Schließen als einem Spezialfall des induktiven Denkens (Dunbar & Klahr, 2012). Beim analogen Schließen werden auf der Grundlage von Ähnlichkeiten zwischen zwei Gegenständen oder Situationen Schlussfolgerungen abgeleitet, die eine Problemlösung ermöglichen. Das analoge Schließen wurde in der Theorie des *Structural Alignment* theoretisch und empirisch grundgelegt. Die Theorie postuliert, dass die gleichzeitige Präsentation von zwei oder mehr Objekten oder Beispielen dazu führt, dass Vorwissen aktiviert wird, ein Vergleich von Merkmalen vorgenommen wird und über das Erkennen von strukturellen Gemeinsamkeiten Kategorienbildung bzw. -erweiterung erfolgt. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der strukturelle Vergleich auf zugrundeliegende Merkmale abzielt, die – anders als direkt wahrnehmbare Merkmale bzw. Oberflächenmerkmale - zum Aufbau von Konzeptwissen beitragen. Die Kategorienbildung wird durch die vier kognitiven Prozesse der Abstraktion, Differenzdetektion, Inferenzprojektion und Re-Repräsentation beschrieben. Didaktisch gewendet bedeutet dies, dass die Anregung zu Vergleichsprozessen eine wichtige instruktionale Strategie sein kann, die es schon jungen Kindern ermöglicht, analoge Schlüsse zu ziehen (vgl. Schalk & Ziegler, 2023). So konnten Gentner & Namy (1999) zeigen, dass nach einer entsprechenden Anregung bereits Vierjährige definitorische Gemeinsamkeiten zwischen präsentierten Objekten erkennen konnten, also strukturelle Analogien bildeten, die sie zur Klassifikation von Objekten nutzten. Befunde mit vierjährigen Kindern zeigen auch, dass diese die Gleichheit von relationalen Positionen (z.B. über, unter) in unterschiedlichen Tierbildern erkennen können (Christie & Gentner, 2010). Zudem sind sie in entsprechenden experimentellen Testsituationen in der Lage, Auswahlen auf kategorialer statt auf perzeptueller Basis zu treffen. Dreijährige Kinder haben hingegen mit den genannten Ansprüchen an die Informationsverarbeitung noch Probleme und nehmen entsprechend stärker perzeptuelle, statt kategoriale Zuordnungen vor (Gentner & Rattermann, 1991).

Welche Rolle spielt die Sprachverwendung im Prozess der Kategorienbildung? Mit dem Zitat "A word can function as a promissory note, signaling subtle commonalities that the child does not yet perceive." (Gentner & Rattermann, 1991, p. 260) unterstreichen die Autor:innen die Bedeutung gemeinsamer Begriffsverwendungen. Erstens hebt die Verwendung gemeinsamer Begrifflichkeiten die strukturellen Gemeinsamkeiten von Objekten bzw. Sachverhalten hervor und triggert damit deren kognitive Verarbeitung und die Bildung von erweiterten Repräsentationen. Zweitens trägt die Verwendung von Begrifflichkeiten zur Festigung von

Konzepten bei, da die entsprechende Repräsentation kognitiv aktiviert wird. Drittens führt die Verwendung von zunehmend spezifischen Begrifflichkeiten zur Ausdifferenzierung von basalen Konzepten. In einer Untersuchung auf der Grundlage dieser theoretischen Annahmen fanden Namy und Gentner (2002), dass die zusätzliche Begriffsverwendung Kindern Hinweise auf die Zughörigkeit von Objekten zu übergeordneten Kategorien gibt und die Performanz verbessert. Ausgehend von diesen Befunden untersuchten Hardy, Saalbach, Leuchter und Schalk (2020) in zwei Experimenten die Bedeutung des verbalen Labellings in der Domäne Schwimmen und Sinken für den Aufbau des Materialkonzepts bei vier- bis sechsjährigen Kindern. In der Versuchsanordnung wurden Kindern zunächst entweder ein oder zwei Gegenstände (sog. Standards) aus einem Material (Holz, Styropor, Ton, Metall, Plastik, Wachs) präsentiert (ein versus zwei Standards). Dieser Gegenstand bzw. diese beiden Gegenstände wurden dann ins Wasser gelegt, um deren Schwimmverhalten zu demonstrieren. Im Anschluss an diese Ausgangssituation wurde der Sachverhalt entweder mit der Verwendung von Materialbegriffen („Schau, dieser Löffel aus Holz schwimmt.“) oder ohne die Verwendung von Materialbegriffen („Schau, das hier schwimmt.“) beschrieben (Label versus kein Label). Die Aufgabe der Kinder war es nun, aus vier Alternativen diejenige auszuwählen, von der sie annahmen, dass sie sich im Wasser genauso verhalten würde wie der/die Standard/s. („Welches von denen hier schwimmt genauso wie diese/s?“). Die präsentierten Alternativen waren jeweils ein Objekt aus dem gleichen Material wie der/die Standard/s, ein Objekt mit der gleichen Form (Formdistraktor, z.B. ebenfalls ein Löffel), ein Objekt mit extremem Gewicht (Gewichtsdistraktor, z.B. ein sehr leichter Gegenstand) sowie ein Objekt mit extremer Größe (Größendistraktor, z.B. ein sehr kleiner Gegenstand). Zusammenfassend wurden die Distraktoren so gewählt, dass sie perzeptuelle Zuordnungen nahelegten, wenn nicht die zugrundeliegende Gemeinsamkeit des Materials erkannt wurde. In den Experimenten 1 und 2 wurde zudem die Verwendung der Begrifflichkeiten bei der Präsentation der Standards variiert. Zusammenfassend ergab die Studie, dass wie erwartet die Verwendung von zwei Standards die korrekte Wahl der Materialantworten erhöhte. Allerdings ergab sich kein durchgängiger Effekt der Begriffsverwendung. Insbesondere wenn Begriffe nur restriktiv genutzt wurden, überwog der Effekt der Vergleichsobjekte, das heisst, es war bedeutsam, ob nur ein Objekt oder zwei Objekte gezeigt wurden. Wenn Begriffe bei der Beschreibung der Objekte extensiv eingesetzt wurden, dann wurde jedoch auch in der Bedingung mit nur einem Standard das Materialkonzept aktiviert und damit die korrekte Wahl unterstützt.

Insgesamt ergibt sich aus den Studien zum analogen Schließen, dass die Anregung von Vergleichsprozessen für den Aufbau von Konzeptwissen wichtig ist. Diese Anregung kann durch entsprechende Materialien in der Bildungssituation erfolgen, aber auch durch die Verwendung von grundlegenden Begrifflichkeiten, welche das Vorwissen von Kindern aktiviert und dazu beiträgt, dass Repräsentationen aufgebaut und ausdifferenziert werden. Selbstverständlich kann in entsprechenden Bildungskontexten auch der Erwerb von Basiswortschatz unterstützt werden. In der Theorie des *Fast Mappings* wird davon ausgegangen, dass neue Wörter aufgrund grammatikalischer, lexikalischer, pragmatischer oder sozialer Hinweisreize zunächst partiell kognitiv repräsentiert werden und dass über eine Verknüpfung dieser Repräsentationen mit Informationsverarbeitung aus unterschiedlichen Kontexten eine zunehmende Adjustierung einhergeht (Rothweiler & Kauschke, 2007; vgl. auch Oomen-Welke, 2023). Für den Elementarbereich ergibt sich, dass die Verwendung von Begrifflichkeiten sowohl hinsichtlich der Konstruktion von grundlegenden mentalen Kategorien wie des Materials von Bedeutung ist als auch hinsichtlich des Erwerbs von Basiswortschatz. In der Literatur wird zwischen Alltagsbegriffen, bildungssprachlichen Begriffen und fachspezifischen Begriffen unterschieden (vgl. Beck, McKeown & Kucan, 2013). Der sogenannte bildungssprachliche Wortschatz ist durch Komposita, Fremdwörter

bzw. morphologisch komplexe Wörter geprägt. Für das KiTa-Alter kann eine entsprechende Unterscheidung zwischen alltagssprachlichem Wortschatz und bildungssprachlichem Wortschatz anhand unterschiedlicher Sprachregister getroffen werden (Bialystok, Luk, Peets & Yang, 2010; van Kleeck, 2014). Bezogen auf die Entwicklung junger Kinder erscheint es sinnvoll, den Erwerb und die Nutzung von Wortschatz im Kontext des jeweiligen Bildungsangebots zu konzeptualisieren und alltagsintegriert umzusetzen (Kammermeyer & Kucharz, 2023). Studien mit Kindern im Elementar- und Grundschulbereich zeigen, dass Unterricht mit sprachlicher Anreicherung Wirksamkeit für den Aufbau von bildungssprachlichem Wortschatz, Fachwortschatz und Konzepterwerb entfaltet (Bürgermeister et al., 2019; Herrmann, Bürgermeister, Saalbach & Lange-Schubert, 2021; Hong & Diamond, 2012; Leuchter & Saalbach, 2014). Im Projekt FinK wurden vor diesem Hintergrund pädagogische Fachkräfte im Rahmen von Portfolioarbeit durch Karteikarten mit Impulsen für die Bildungsarbeit zum Phänomen Schwimmen und Sinken unterstützt, welche unter anderem die Verwendung eines Basiswortschatzes fokussierten (Hardy, Bürgermeister & Leuchter, im Druck), siehe Abbildung 2.

Scaffolding im Elementarbereich

Merkmale erfolgreicher Bildungsangebote des Elementarbereichs umfassen nach Leuchter (2017) das Anknüpfen an domänenspezifisches Vorwissen, das Aufgreifen der Alltagserfahrungen und individuellen Interessen von Kindern, das situationsspezifische Lernen mit materialen und sprachlichen Hilfen sowie Strukturierungen, Variationen und Wiederholungen des Lerngegenstands. Im Projekt ProfinK[2] wurden Bildungsangebote zu unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Inhalten und entsprechenden Möglichkeiten für grundlegende und strukturierte Erfahrungen in einem E-Portfolio entwickelt. Beispielsweise finden sich folgende Vorschläge für strukturierte Erfahrungen zum Materialkonzept: Die Kinder werden dazu angeregt, eigene Ordnungen von Objekten aus unterschiedlichen Materialien (Kork, Wachs, Metall, Plastik, Holz etc.) vorzunehmen („Was gehört zusammen?“). Viele Kinder werden dazu tendieren, Objekte nach Form oder Funktion, also perzeptuell salienten Merkmalen zu ordnen. Sie werden durch Impulse der Fachkraft nach Begründungen für ihre Ordnungen gefragt und dazu angeregt, weitere Ordnungsmöglichkeiten zu finden. Hierbei kann die pädagogische Fachkraft neben Denkanstößen auch weitere Ordnungen und Muster zeigen, die sie selbst oder andere Kinder vorgenommen haben und durch diese spezifischen Vergleiche zwischen Gegenständen und Ordnungen anregen. Auch die Vereinfachung oder die Erhöhung des Schwierigkeitsgrads von Ordnungen durch Wegnahme oder Hinzunahme von Gegenständen sind möglich. Intendiert ist neben dem Klassifizieren, Ordnen und Vergleichen eine zunehmende sprachliche Explizitheit des Materialbegriffs, welche sich aus den unterschiedlichen Ordnungen der Gegenstände und entsprechenden Gesprächsanlässen ergibt. In der Umsetzung entsprechender strukturierter Bildungsangebote ist die verbale Mediation der Lernprozesse durch die pädagogische Fachkraft besonders wichtig.

---

2 BMBF-Projekt Förderdiagnostische Professionalisierung in der inklusiven naturwissenschaftlichen Bildung in der KiTa, Förderkennzeichen 01NV2110A-D unter Leitung von M. Steffensky, M. Leuchter, H. Saalbach & I. Hardy

Abb.1. Unterstützendes Material zur Sprachverwendung aus dem Projekt FinK (Hardy, Leuchter, Saalbach, Steffensky, Bürgermeister, Junge & Venitz, 2021).

Die verbale Unterstützung von Kindern in Bildungskontexten wird häufig mit dem Konstrukt des *Scaffolding* beschrieben. Im *Scaffolding*-Ansatz nach Gibbons (2002) werden die Formulierung von fachlichen und sprachlichen Lernzielen und eine entsprechende Abstimmung des Curriculums vorgeschlagen. Gibbons (2002) unterscheidet das *Scaffolding* auf der Makroebene und auf der Mikroebene. Die Makroebene umfasst die planerischen Tätigkeiten der Lehrkraft, insbesondere die Bedarfs- und die Lernstandsanalyse. Auf dieser Grundlage werden die spezifischen fachlichen und sprachlichen Lernziele des Unterrichts festgelegt und die Unterrichtsplanung begründet. Bedeutsam ist an dieser Stelle, dass die fachlichen und sprachlichen Lernziele gleichermaßen berücksichtigt werden und der Aufbau von Konzeptwissen im Unterricht durch die Bereitstellung von sprachlichen Hilfen zum Unterrichtsthemas konzeptualisiert wird. Die Mikroebene umfasst die Anwendung unterschiedlicher Strategien der Lehrkraft wie des Fragenstellens, der Modellierung, der Rückmeldung sowie der medialen Unterstützung von Bedeutungskonstruktionen (vgl. Gabler et al., 2020). Beispielhaft soll an dieser Stelle die Trainingsstudie von Hardy, Saalbach und Sauer (2019) mit insgesamt 113 Vorschulkindern (86 mehrsprachige Kinder) im Alter von durchschnittlich 6 Jahren beschrieben werden. Es wurden ein Training von insgesamt 90 Minuten an zwei Tagen in Kleingruppen mit je vier Kindern umgesetzt und drei experimentelle Bedingungen realisiert. In der Abfolge des Trainings von Materialerkundungen, Gesprächsphasen und handlungsbezogenen Aktivitäten der Kinder wurden in Gruppe (1) Tandems von ein- und mehrsprachigen Kindern, in Gruppe (2) Tandems von mehrsprachigen Kindern und in Gruppe (3) ein Individualangebot mit jeweils passenden Handlungs- und Gesprächsaufforderungen umgesetzt. Von Interesse war, inwiefern sich in einem kurzen Training sowohl das Konzeptwissen als auch der Wortschatz von Kindern fördern lassen sowie, inwiefern die Zusammensetzung der Kleingruppen zu Unterschieden im Lernerfolg führten. Das Training basierte auf einem materialintensiven Bildungsangebot zum Thema Materialien und Magnetismus, welches einen sequenziellen Aufbau von Basiskonzepten zum Material und seinen Eigenschaften mit dem Schwerpunkt Anziehung und

Abstoßung aufwies. Die Trainingseinheit erfolgte angelehnt an ein Spiralcurriculum zum Thema Magnetismus, welches für den Elementarbereich ausgearbeitet wurde (Steffensky & Hardy, 2013). Folgende Ergebnisse lassen sich zusammenfassen: Es zeigten sich signifkante Effekte auf den Erwerb eines Strukturwortschatz und des domänenspezifischen Konzeptwissens im produktiven und im rezeptiven Testformat im Vergleich zu einer untrainierten Kontrollgruppe. Somit erwies sich eine kurze Intervention als wirksam zum Aufbau von Konzeptverständnis und bildungsbezogenem Wortschatz bei mehrsprachigen Vorschulkindern. Allerdings unterschied sich der Trainingserfolg je nach Bedingung. Besonders erfolgreich war die Bedingung, in der sich Kinder individuell mit Vertiefungsaufgaben beschäftigten; ein positiver Einfluss zusätzlicher verbaler Interaktion in Tandems konnte hingegen nicht festgestellt werden. Möglicherweise stellte die Anforderung der gemeinsamen Aushandlung von Ergebnissen in dieser Phase des Wissenserwerb eine zusätzliche kognitive Anforderung für die Kinder dar. Grundsätzlich sprechen Ergebnisse aus weiteren Studien des Elementarbereichs dafür, dass ausgiebige Peerinteraktionen für mehrsprachige Kinder mit geringem Wortschatz besonders wichtig sind (Schmerse, 2021).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Verknüpfung von Bildungsgelegenheiten mit Sprachfördertechniken der pädagogischen Fachkraft im Sinne eines *Scaffolding* für den Aufbau von Konzeptverständnis in unterschiedlichen Domänen bedeutsam ist. Perspektivisch erscheint es besonders wichtig, pädagogische Fachkräfte dabei zu unterstützen, die sprachlichen und domänenspezifischen Lernvoraussetzungen von Kindern bei der Planung und Umsetzung von Bildungsangeboten in den Blick zu nehmen und somit formative diagnostische Prozesse anzuregen (vgl. Venitz et al., 2023).

Sprachhandlungen im Kontext des forschenden Lernens

Neben dem Zugang zu Bildungssituationen über das Konstrukt des *Scaffolding* ist auch die pragmatische Linguistik geeignet, Analyseebenen zum (Unterrichts-)Diskurs aufzuzeigen. Dabei wird dieser in sinnvolle Einheiten unterteilt, die durch einen bestimmten Aufbau und spezifische kommunikative Funktionen gekennzeichnet sind. Entsprechende sog. Sprachhandlungen sind u.a. das Erklären, das Beschreiben, das Begründen oder das Argumentieren (Geist, Lange-Schubert & Dietze, 2017). Hövelbrinks (2014) und Gadow (2016) zeigen in empirischen Untersuchungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule, wie Sprachhandlungen mit der Verwendung von bildungssprachlichen Mitteln (z. B. Wortschatz, Strukturen) einhergehen. Besonders geeignet ist dieser Ansatz für analytische Betrachtungen zu prozessbezogenen Kompetenzzielen im Kontext von strukturierten Bildungsgelegenheiten. In Bildungs- und Rahmenplänen finden sich Kompetenzbeschreibungen u.a. zum Beschreiben, Begründen, Formulieren, Interpretieren, Modellieren und Argumentieren. Auch für den frühen Bildungsbereich existieren entsprechende Erwartungen zur Versprachlichung, zum Begründen und zum Formulieren von Erwartungen (vgl. Steffensky, 2017). Prediger und Hardy (2023) zeigen in Ausführungen zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Domäne, wie die Schritte des Experimentierens als Sprachhandlungen formuliert und auf fachspezifischen Wortschatz und Redemittel übertragen werden können. Beispielsweise ergibt sich für die Sprachhandlung des Vermutens und des Begründens von Vermutungen die Verwendung von Sprachmitteln wie „Es kann gut sein, dass…“, „Ich glaube/vermute, dass…“, „Ich kenne das von… und deshalb...“, „Das ist so wie…, weil …“ (S. 176). Gleichzeitig sind gerade die komplexen Sprachhandlungen wie diejenigen des Argumentierens und Begründens auch solche, die in sozialen (fachbezogenen) Kontexten unter Beteiligung von mehreren Interaktionspartner:innen umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund scheint der analytische Ansatz der Sprachhandlungen anschlussfähig an

Rogoffs (2003) Ausführungen zur Bedeutung des sozialen und kulturellen Kontexts für die individuelle Entwicklung.

Ausblick

Die Ausführungen zum kindlichen domänenspezifischen Wissen sowie zu frühen Kompetenzen im wissenschaftlichen Denken stellten in diesem Beitrag die Grundlage für Überlegungen zur Verschränkung von fachlichem Lernen und sozialem Kontext dar. Dabei wurde die Bedeutung der Sprache für die Entwicklung von domänenspezifischem Wissen auf unterschiedlichen Analyseebenen betrachtet. Vor dem Hintergrund der soziokulturellen Perspektive kann aus unterschiedlichen empirischen Studien des Elementarbereichs geschlussfolgert werden, dass für die Kategorienbildung und den Aufbau einer konzeptuellen Wissensbasis eine präzise Sprachverwendung der pädagogischen Fachkraft als Sprachvorbild, aber auch als Impulsgebende für Begriffsdifferenzierung und Anregung komplexer Denkprozesse wie dem Vergleichen und Schlussfolgern unerlässlich ist. Aufbauend auf den Überblickswerken von Leuchter (2017) und Steffensky (2017) bleibt damit für den Elementarbereich insbesondere der Aufbau eines entsprechenden Professionswissen von pädagogischen Fachkräften zur adaptiven sprachlichen Begleitung von Entwicklungsprozessen eine Zielsetzung von Professionalisierungsmaßnahmen.

Literatur

Beck, I. L., McKeown, M. G., & Kucan, L. (2013). Bringing words to life: Robust vocabulary instruction. New York: Guilford Press.

Becker-Mrotzek, M., Gogolin, I., Roth, H.-J., & Stanat, P. (2023). Grundlagen und normative Perspektiven auf Mehrsprachigkeit. In M. Becker-Mrotzek, I. Gogolin, H.-J. Roth, & P. Stanat (Hrsg.), Grundlagen der sprachlichen Bildung. Münster: Waxmann, 9-26.

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (2013). Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.

Bialystok, E., Luk, G., Peets, K. F., & Sujin, Y. (2010). Receptive vocabulary differences in monolingual and bilingual children. Bilingualism: Language and Cognition, 13 (4), 525-531.

Brown, A. & Campione, J. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice. Cambridge: MIT, 229–270.

Bürgermeister, A., Große, G., Leuchter, M., Studhalter, U., & Saalbach, H. (2019). Interaktion von pädagogischen Fachkräften und Kindern in naturwissenschaftlichen Lerngelegenheiten im Kindergarten. Frühe Bildung, 8 (1), 13–21.

Bürgermeister, A., Steffensky, M., Hardy, I., Leuchter, M., Saalbach, H., Venitz, L., & Junge, K. (2021). Abschlussbericht zum BMBF-Projekt FinK. Unveröffentlichtes Dokument.

Bürgermeister, A., Venitz, L., Junge, K., Leuchter, M., Steffensky, M., Hardy, I., & Saalbach, H. (2022). Qualifizierung von pädagogischen Fachkräften für die Durchführung eines naturwissenschaftlichen, inklusiven und adaptiven Bildungsangebotes. In A. Strecker, J. Becker, F. Buchhaupt, D. Katzenbach, D. Lutz & M. Urban (Hrsg.), Qualifizierung für Inklusion: Elementarbereich. Münster: Waxmann, 79-98.

Carey, S. (2000). The origin of concepts. Journal of Cognition and Development, 1 (1), 37-41.

Christie, S. & Gentner, D. (2010). Where hypotheses come from: learning new relations by structural alignment. Journal of Cognitive Development, 11 (3), 356–373.

Dunbar, K. & Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning, Oxford: Oxford University Press, 701-718.

Gabler, K., Mannel, S., Hardy, I., Henschel, S., Heppt, B., Hettmannsperger-Lippolt, Sontag, C., & Stanat, P. (2020). Fachintegrierte Sprachförderung im Sachunterricht der Grundschule: Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Fortbildungskonzepts auf der Grundlage des Scaffolding-Ansatzes. In C. Titz, S. Weber, H. Wagner, A. Ropeter, S. Geyer, & M. Hasselhorn (Eds.), Sprach- und Schriftsprachförderung wirksam gestalten. Bildung durch Sprache und Schrift. Stuttgart: Kohlhammer, 59–83.

Gadow, A. (2016). Bildungssprache im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Beschreiben und Erklären von Kindern mit deutscher und anderer Familiensprache. Berlin: ESV.

Geist, B., Lange-Schubert, K., & Dietze, S. (2017). Bildungssprachliche Merkmale im Sachunterricht der Grundschule: Theoretische und empirische Annäherungen. In E. Tschirner, J. Möhring, & K. Cothrun (Eds.), Deutsch als zweite Bildungssprache in MINT-Fächern.Tübingen: Stauffenburg, 13–54.

Gelman, S. (2003). The essential child: Origins of essentialism in everyday thought. Oxford: Oxford University Press.
Gentner, D. (2016). Language as cognitive tool kit: how language supports relational thought. American Psychologist, 71 (8), 650–657.
Gentner, D. & Hoyos, C. (2017). Analogy and abstraction. Topics in Cognitive Science, 9 (3), 672–693.
Gentner, D. & Namy, L. (1999). Comparison in the development of categories. Cognitive Development, 14 (4), 487–513.
Gentner, D. & Rattermann, M. J. (1991). Language and the career of similarity. In S. Gelman & J. Byrnes (Eds.), Perspectives on thought and language: Interrelations in development. London: Cambridge University Press, 225-277.
Gibbons, P. (2002). Scaffolding language, scaffolding learning: Teaching second language learners in the mainstream classroom. Portsmouth, NH: Heinemann.
Goswami, U. (2001). So denken Kinder. Bern: Huber.
Hardy, I., Bürgermeister, A. & Leuchter, M. (im Druck). Portfolios in der frühen naturwissenschaftlichen Bildung: Bedeutung für die Sprachförderung in inklusiven Kontexten. In E. Blumberg, C. Niederhaus, & A. Mischendahl (Eds.), Mehrsprachigkeit in der Schule. Sprachbildung im und durch Sachunterricht. Stuttgart: Kohlhammer.
Hardy, I., Leuchter, M., Saalbach, H., Steffensky, M., Bürgermeister, A., Junge, K., & Venitz, L. (2021). Handreichung – Überblick und Umsetzungsbeispiele aus dem Projekt FinK. Begleitende Materialien zu einem Bildungsangebot „Schwimmen und Sinken“ für inklusiv arbeitende KiTas. Abrufbar unter: https://www.qfi-oz.de/index.php/inklusion/libraryFiles/downloadPublic/36
Hardy, I. & Meschede, N. (2018). Schülervorstellungen - lern- und entwicklungspsychologische Grundlagen. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard, & E. Engeli (Eds.), "Wie ich mir das denke und vorstelle..." - Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 21-33.
Hardy, I., Saalbach, H., Leuchter, M., & Schalk, L. (2020). Preschoolers‘ induction of the concept of material kind to make predictions: The effects of comparison and linguistic labels. Frontiers in Psychology, 11:531503, 1-14.
Hardy, I., Sauer, S., & Saalbach, H. (2019). Frühe sprachliche Bildung im Kontext Naturwissenschaften: Effekt einer Intervention im Kindergarten. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66, 196-216.
Herrmann, A., Bürgermeister, A.; Saalbach, H., & Lange-Schubert, K. (2021). Die Bedeutung von Partizipation und Scaffolding für die Leistung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in Klassen mit hohem und niedrigem Anteil mehrsprachiger Schüler*innen. Zeitschrift für Grundschulforschung, 14 (2), 305-323.
Hong, S. & Diamond, K. (2012). Two approaches to teaching young children science concepts, vocabulary, and scientific problem-solving skills. Early Childhood Research Quarterly, 27, 295-305.
Hövelbrinks, B. (2014). Bildungssprachliche Kompetenz von einsprachig und mehrsprachig aufwachsenden Kindern: Eine vergleichende Studie in naturwissenschaftlicher Lernumgebung des ersten Schuljahres. Weinheim: Beltz Juventa.
Kammermeyer, G. & Kucharz, D. (2023). Sprachliche Bildung im Elementarbereich. In M. Becker-Mrotzek, I. Gogolin, H.-J. Roth, & P. Stanat (Eds.), Grundlagen der sprachlichen Bildung. Münster: Waxmann, 155- 170.
Kempert, S., Schalk, L., & Saalbach, H. (2019). Übersichtsartikel: Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66 (3), 176-195.
Koerber, S. & Osterhaus, C. (2019). Individual differences in early scientific thinking: assessment, cognitive influences, and their relevance for science learning. Journal of Cognition and Development, 20 (4), 510-533.
Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C., & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers’ ability to evaluate covariation evidence. Swiss Journal of Psychology, 64 (3), 141-152.
Köksal-Tuncer, Ö. & Sodian, B. (2018). The development of scientific reasoning: Hypothesis testing and argumentation from evidence in young children. Cognitive Development, 48, 135-145.
Kucharz, D., Mackowiak, K., Ziroli, S., Kauertz, A., & Rathgeb-Schnierer, E. (2014). Professionelles Handeln im Elementarbereich (PRIMEL): Eine deutsch-schweizerische Videostudie. Münster: Waxmann.
Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15 (1), 11-36.
Leuchter, M. (2017). Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung. Stuttgart: Kohlhammer.
Leuchter, M. & Hardy, I. (2021). Kognitive Prozesse als Grundlage des wissenschaftlichen Denkens und Argumentierens im frühen und mittleren Kindesalter. Unterrichtswissenschaft, 49, 17-30.

Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing Science Learning in the First Years of Schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of ‘floating and sinking'. International Journal of Science Education, 36, 1751-1771.
Leuchter, M. & Saalbach, H. (2014). Verbale Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Lernangebots in Kindergarten und Grundschule. Unterrichtswissenschaft, 42, 117-131.
Mähler, C. (1999). Naive Theorien im kindlichen Denken. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31 (2), 53–66.
Morris, B. J., Masnick, A. M., Zimmerman, C., & Croker, S. (2012). The emergence of scientific reasoning. In H. Kloos, B. Morris, & J. Amaral (Eds.), Current Topics in Children’s Learning and Cognition. IntechOpen, 61–82.
Namy, L. & Gentner, D. (2002). Making a silk purse out of two sow’s ears: Young children’s use of comparison in category learning. Journal of Experimental Psychology: General, 131, 5–15.
Oomen-Welke, I. (2023). Frühkindlicher Spracherwerb ein- und mehrsprachig. In M. Becker-Mrotzek, I. Gogolin, H.-J. Roth, & P. Stanat (Eds.), Grundlagen der sprachlichen Bildung. Münster: Waxmann, 83-104.
Osterhaus, C., Brandone, A. C., Vosniadou, S., & Nicolopoulou, A. (2021). The emergence and development of scientific thinking during the early years: basic processes and supportive contexts. Frontiers in Psychology, 12, 629384.
Osterhaus, C. & Koerber, S. (2023). The complex associations between scientific reasoning and advanced theory of mind. Child Development, 94 (1), 18-42.
Piekny, J. & Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. British Journal of Developmental Psychology, 31 (2), 153-179.
Prediger, S. & Hardy, I. (2023). Fachliches und sprachliches Lernen im matheematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Becker-Mrotzek, I. Gogolin, H.-J. Roth, & P. Stanat (Eds.), Grundlagen der sprachlichen Bildung. Münster: Waxmann, 171-184.
Quinn, P. C. & Eimas, P. D. (1996). Perceptual cues that permit categorical differentiation of animal species by infants. Journal of Experimental Child Psychology, 63 (1), 189-211.
Rogoff, B. (1990). Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context. Oxford University Press.
Rogoff, B. (2003). The cultural nature of human development. Oxford: Oxford University Press.
Rothweiler, M. & Kauschke, C. (2007). Lexikalischer Erwerb. In H. Schöler & A. Welling (Eds.), Sonderpädagogik der Sprache. Göttingen: Hogrefe, 42 - 56.
Röhner, C., Blümer, H., Hopf, M., Li, M., & Hövelbrinks, B. (2009). Sprachförderung von Migrantenkindern im Kontext frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernens. Abschlussbericht. Wuppertal: Bergische Universität.
Saalbach, H. & Kempert, S. (2023). Sprache als wichtigstes Werkzeug der Lehrenden: Verbale Interaktion zur Unterstützung des frühen MINT-Lernens. In M. Schneider, R. Grabner, H. Saalbach, & L. Schalk (Eds.), Wie guter Unterricht intelligentes Wissen schafft: Handlungswissen aus der Lehr-Lernforschung. Stuttgart: Kohlhammer, 172-185.
Sandoval, W. A., Sodian, B., Koerber, S., & Wong, J. (2014). Developing children's early competencies to engage with science. Educational Psychologist, 49 (2), 139-152.
Schalk, L. & Ziegler, E. (2023). Aufgaben lernwirksam sortieren: Über das Vergleichen, Kontrastieren und Verschachteln als wünschenswerte Erschwernisse. In M. Schneider, R. Grabner, H. Saalbach, & L. Schalk (Eds.), Wie guter Unterricht intelligentes Wissen schafft: Handlungswissen aus der Lehr-Lernforschung. Stuttgart: Kohlhammer, 100-109.
Schmerse, D. (2021). Peer effects on early language development in dual language learners. Child Development, 92 (5), 2153-2169.
Siegler, R., Eisenberg, N., DeLoache, J., & Saffran, J. (2016). Theorien der kognitiven Entwicklung. In S. Pauen (Ed.), Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter. Berlin: Springer, 117-154.
Steffensky, M. & Hardy, I. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich. Seelze: Friedrich Verlag.
Steffensky, M. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen: Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF). WiFF Expertise: Band 48. Deutsches Jugendinstitut e. V.
Tomasello, M. (2008). Origins of Human Communication. Cambridge: MA: MIT Press.
van de Pol, J., M. Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. Educational Psychology Review, 22 (3), 271-297.

van der Graaf, J., van de Sande, E., Gijsel, M., & Segers, E. (2019). A combined approach to strengthen children's scientific thinking: Direct instruction on scientific reasoning and training of teacher's verbal support. International Journal of Science Education, 41 (9), 1119-1138.

van Kleeck, A. (2014). Distinguishing between casual talk and academic talk beginning in the preschool years: An important consideration for speech-language pathologists. American Journal of Speech-Language Pathology, 23(4), 724–741.

Venitz, L., Hardy, I., Steffensky, M., Bürgermeister, A., Junge, K., Saalbach, H., & Leuchter, M. (2023). Einstellungen pädagogischer Fachkräfte in der KiTa zur Bedeutung von formativem Assessment im Kontext der Naturwissenschaften. In A. Buholzer & D. Brovelli (Eds.), Formatives Assessment: Perspektiven für Unterricht und Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Münster: Waxmann, 205-222.

Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In Vosniadou, S. (Ed.), International Handbook of Research on Conceptual Change. New York: Routledge, 11–30.

Vygotsky, L. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge: MA: Harvard University Press.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. Developmental Review, 27, 172 –223.

Elke Sumfleth[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Horst Schecker[2] [2]Universität Bremen

50 Jahre GDCP – eine Tour d'Horizon von den Ursprüngen bis in die Gegenwart

Auf Bitten des Vorstands gestalteten Elke Sumfleth und Horst Schecker den Jubiläumsvortrag zum 50. Jahr des Bestehens der Gesellschaft für Didaktik der Physik und Chemie. Für ihren persönlichen Blick auf 50 Jahre GDCP von ihrer Vor- und Frühgeschichte bis zur Gegenwart wählten sie die Form eines Dialogs. Im Tagungsband wird eine leicht gekürzte Fassung wiedergegeben.

Horst: Sag mal, Elke, warum stehen wir beide hier eigentlich?

Elke: Wir sollen die GDCP feiern, aber bloß keinen langweiligen Rückblick halten, aber schon einen Rückblick und auch noch einen Ausblick. Wir sind doch keine Propheten. Ausgangspunkt wäre also: Definiere langweilig, um diesen Zustand zu vermeiden.

Horst: Langweilig – was ist das überhaupt? Der Konstruktivismus sagt: Langeweile liegt im Auge des Betrachters, nicht des Senders. Damit wären wir diesen schwarzen Peter schon mal los. Zumal: Man kann doch unser wissenschaftliches Leben in der GDCP nicht als langweilig bezeichnen, auch wenn es die heutige Jugend vielleicht nicht im Detail interessiert. Aber Elke: Ich weiß, warum wir hier stehen: Wir sind alt genug und haben mal wieder nicht schnell genug „nein" gesagt.

Elke: Man brauchte einen Mann und eine Frau, Physik und Chemie; mich erinnert das ein bisschen an eine legendäre Podiumsdiskussion auf der GDCP-Schwerpunkttagung 2009 in Basel (Labudde et al., 2009), auf der wir beide gegensätzliche Positionen zum Thema „Kompetenzmodelle und Bildungsstandards – Was braucht und erwartet die Schulpraxis?" vertreten sollten, was uns bestenfalls „geht so" gelang. Du hast hinterher zu mir gesagt, eigentlich sehe ich das ja genauso wie Du.

Horst: Ich finde es schön, Positionen auch mal zuzuspitzen.

Elke: Sollen wir mal verraten, worüber wir in den nächsten zwei Stunden reden?

Horst und *Elke*: Es geht um folgende Fragen:
- Vor welchem hochschulpolitischen Hintergrund wurde die GDCP gegründet?
- Wann genau war das und was hat die Gründung mit den Orten Königstein und Göttingen zu tun?
- Wie kam die Satzung zustande und wie hängt der Modus für die Vorstandswahl mit den anfänglichen „Rechts-/Links"-Fraktionen in der Mitgliedschaft zusammen?
- Wer zählt eigentlich zum „Wissenschaftlichen Nachwuchs"? Und wie kam diese Gruppierung in der GDCP zustande?
- Wann gab es das erste Doktorandenseminar?

- Welche Themen tauchen in der Arbeit von Vorstand und Geschäftsführung immer wieder auf?
- Wie hat sich die GDCP national und international vernetzt?
- Was hat die Chemie- und Physikdidaktik erreicht und wo liegen die Baustellen?

Elke: Nun denn: Wir waren beide nicht schon immer dabei, obwohl die meisten hier im Raum das glauben. Was war denn Deine erste Begegnung mit der GDCP?

Horst: Das war 1981 auf der Jahrestagung in Berlin. Ich hatte gerade in Bremen meine Stelle als Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Hans Niedderer angetreten. Vorgetragen habe ich über meine Staatsexamensarbeit: eine Fragebogenstudie zur Technikfeindlichkeit der Jugend (Schecker, 1981). Die vermeintliche „Technikfeindlichkeit" war damals ein in der Öffentlichkeit viel diskutiertes Thema. Es erschien sogar eine Notiz zu meinem Vortrag in einer Berliner Tageszeitung. Ansonsten habe ich mich auf der Tagung schön zurückgehalten, bei den Vorträgen in die letzte Reihe gesetzt und mir als Nachwuchswissenschaftler erstmal die bekannten Namen wie Klaus Weltner oder Walter Jung live auf der Bühne angeschaut.
In der ersten Hörsaalreihe sitzen ist zudem gefährlich. Dann landet man irgendwann auf dem Podium – so wie wir beide jetzt. Aber, Elke, wie war denn Deine erste Begegnung mit der GDCP?

Elke: Ich bin später zur GDCP gekommen. Aber Du kommst ja auch aus Bremen, dem Mekka der Physikdidaktik in den Achtzigern und darüber hinaus. Ich bin in Essen zunächst anders sozialisiert worden. Aber auf dieses Thema kommen wir sicher gleich noch mal zurück. Ich erinnere mich nicht mehr so ganz genau, glaube aber, dass ich in Heidelberg 1985 auf der ersten GDCP-Tagung war. Mein erster Vortrag war gleich der Plenarvortrag in Kassel 1989 (Sumfleth, 1990), wo dem Nachwuchs eine Chance gegeben wurde. Ich war frisch habilitiert. 1986 in Oldenburg war ich auf jeden Fall auch dabei, eine Tagung, die ich schon deshalb nicht vergessen werde, weil ich mein schwer keuchhustenkrankes Kind bei meinen Eltern abgegeben habe und gehofft habe, dass es alle zusammen irgendwie schaffen. Jeden Abend bin ich nach Delmenhorst gefahren. In Bremen hast Du mehr von der GDCP und vielleicht auch ihrer Gründung mitbekommen. Wie kam es denn dazu?

Horst: Beleuchten wir erstmal die Zeit vor der Gründung – also vor 1973. Ich habe zur Vor- und Frühgeschichte der GDCP in den Jahren 2010 und 2011 Interviews mit den beiden ersten Sprechern der GDCP – Wolfgang Bleichroth (Göttingen; †2015) und Klaus Weltner (Frankfurt; †2020) – geführt[1]. Weltner blickte zunächst auf die Vorgeschichte der GDCP zurück. Hören wir uns einen Ausschnitt im Originalton an:

„Als ich als ganz junger Mensch mit 28 die erste Dozentur für Physik und ihre Didaktik in Osnabrück antrat, gab es im Grunde keinen Zusammenschluss der Didaktiker. Es gab auch keine Berufslaufbahn, die irgendwo kodifiziert gewesen wäre. Die Pädagogischen

[1] Interview von Horst Schecker mit Wolfgang Bleichroth zur Geschichte der GDCP (geführt am 14.9.2010 in Potsdam i. R. der GDCP-Tagung); Interview von Horst Schecker mit Klaus Weltner zur Geschichte der GDCP (geführt am 21. März 2011 in Münster); die Transkripte liegen in den Akten der GDCP und können auch bei Horst Schecker angefragt werden.

Hochschulen rekrutierten sich zum Teil aus Gymnasiallehrern oder z.T. aus Leuten, die man heute Quereinsteiger nennt."
„So trafen wir uns dann bei einem oder dem anderen, unterhielten uns zwei, drei Stunden, feierten den Abend zusammen und das war es dann auch."

Elke: Das waren die 1960er Jahre. Man kann sich das heute gar nicht mehr vorstellen: keine Jahrestagungen, keine fachdidaktische Forschung, keine Doktorandinnen und Doktoranden. Ich erinnere mich aber auch noch an so ähnliche Chemiedidaktikertreffen in den Achtzigern und Neunzigern in Nordrhein-Westfalen, reihum an den unterschiedlichen Universitäten mit mehr oder weniger Tagesordnungen. Dort wurden meistens Entscheidungen des Ministeriums und neue Studienordnungen diskutiert. Das Thema ist ja unerschöpflich. Diese Treffen sind dann irgendwann eingeschlafen, als man sich kontinuierlich auf Tagungen traf.

Horst: Das Fehlen einer organisierten Naturwissenschaftsdidaktik erscheint im Rückblick schon komisch. Die USA waren längst weiter. Die NARST wurde bereits 1928 gegründet.
Hören wir uns weiter an, was Weltner aus den 1960er Jahren berichtet:

„Nach einigen Jahren Dienstzeit gab es einen Deutschen Pädagogischen Hochschultag, der in Tübingen tagte. Der wurde aber von Pädagogen organisiert und auch betreut, war wesentlich von Pädagogen bestückt und dort kriegten Didaktiker sozusagen Zutrittsrecht und trafen sich an einem Nachmittag für zwei Stunden. Das war dann auch alles."

Die Gründung der GDCP geht also wesentlich auf Aktivitäten aus den Pädagogischen Hochschulen heraus zurück. Das gilt sowohl für die handelnden Personen – Fachdidaktik spielte in der Gymnasiallehrerausbildung, für die die Universitäten exklusiv zuständig waren, kaum eine Rolle – als auch für die Anbindung an den Pädagogischen Hochschultag, der alle drei Jahre stattfand. Weltner (O-Ton) beschreibt das folgendermaßen:

„Erst mit dem Pädagogischen Hochschultag in Bremen 1968 führten wir jetzt Einzelvorträge ein und mehrere Kollegen hielten Vorträge."
„Es war in Bremen, dass wir beschlossen, wir treffen uns nicht mehr nur alle drei Jahre, sondern häufiger, machen ein eigenes Programm und koppeln uns ab vom Pädagogischen Hochschultag. Dort saßen wir am Katzentisch. Und dann begannen wir uns selbst zu organisieren, gewissermaßen uns von der Vormundschaft der Pädagogik zu emanzipieren."
„Und wir planten eine eigene Tagung in Heidelberg (1969). Damals waren wir schon so um die 30 Teilnehmer. In Heidelberg war somit die erste, eigenständige Tagung der Physikdidaktiker der Bundesrepublik mit einem eigenständigen Programm und eigenständiger Organisation. Das funktionierte ganz vorzüglich. Und so trafen wir uns dann in Hamburg '70, '71 in Nürnberg (die Tagung war in Regensburg, H.S.) und '72 in Königsstein."

Elke: Dieser Prozess des Selbstständigwerdens und Verlassens des Katzentisches hat dann später eigentlich immer wieder auf ähnliche Weise stattgefunden und manchmal kämpfen wir immer noch damit: Aufbau eigener Forschung, Promotionsberechtigung, Habilitationen, Selbstbehauptung in den Fakultäten, DFG-fähig werden, Berufungsverfahren. Aber zurück: Königstein ist eigentlich nicht der Nabel der Welt – wo liegt das denn?

Horst: Im Taunus. Königstein hatte eine Philosophisch-theologische Hochschule. Aber es lag mehr an der Nähe zur Uni Frankfurt. Dort gab es schon in den 1970er Jahren eine Hochburg der Physikdidaktik mit Klaus Weltner und Walter Jung. In Königstein 1972 lagen gewissermaßen die Vorwehen der Geburt der GDCP: Klaus Weltner führt dazu aus:

„Mein damaliger Mitarbeiter Helmut Schmidt meinte, eigentlich bräuchten wir eine Satzung und einen eingetragenen Verein. Ich riet ihm ab. Das wäre vergebene Liebesmüh, wir wären doch eigentlich ein netter Verein, der sich selbst organisiert und das ganz kollegial macht. Schmidt setzte sich aber trotzdem hin, entwarf eine Satzung und brachte sie nach Königstein ´72 mit."

Zur Königsteiner Tagung gab es den ersten Tagungsband, dessen Cover bereits im späteren GDCP-Orange erschien. Im Vorwort schreibt Helmut Schmidt als Herausgeber (Schmidt, 1972):

„Erstmals (werden) die Ergebnisse der Fachdidaktiker-Tagung in Form eines Tagungsbandes einem größeren Interessentenkreis als nur den Tagungsteilnehmern zugänglich gemacht. Damit verbunden ist das Anliegen, mit diesem Band eine in den folgenden Jahren kontinuierlich fortzusetzende Reihe zu begründen, die interessierten Kollegen im Schul- und Hochschulbereich eine stets aktuelle Sammlung von Informationen über den jeweiligen Stand fachdidaktischer Forschung und Arbeitsergebnisse sein soll."

Bald gibt es – gezählt ab Königstein – den 51. Tagungsband – bei allerdings nur 50 offiziellen GDCP-Jahrestagungen. Man kann sagen: Der von Schmidt im Tagungsband von 1972 formulierte Anspruch eines Einblicks in den aktuellen Stand der Forschung hat sich voll erfüllt. Das Layout wurde erst 2002 auf weiß-orange umgestellt. Das Orange lebt in unserem heutigen Logo weiter.

Kommen wir zur Gründung der GDCP. Zur Frage, wann die Satzung diskutiert wurde, gibt es unterschiedliche Aussagen. Klaus Weltner verweist auf Königstein 1972, Wolfgang Bleichroth, der erste Sprecher der GDCP, auf die Tagung 1973 in Göttingen, bezeichnet diese Tagung aber schon als „zweite Tagung". Nun, das lässt sich vermutlich klären, denn Helmut Dahncke, der erste Geschäftsführer der GDCP, ist heute in unserer Festveranstaltung dabei. Helmut, wie war das denn nun mit der Satzung?

Helmut Dahncke (aus dem Plenum): Helmut Schmidt hatte einen Satzungsentwurf mitgebracht, der in Königstein während des Abschlussplenums diskutiert wurde. Überwiegend kritisch bis ablehnend. Die Versammlung war durch den Zeitdruck, aber auch inhaltlich (z. B. darf der Geschäftsführer Mitglied des Vorstands sein oder nicht? Ist der Pädagogische Hochschultag für uns wirklich entbehrlich? Kann man das Verhältnis von Chemiedidaktik und Physikdidaktik ausbalancieren usw.) überfordert. Am Ende kam es nur zur Wahl einer Vorbereitungsgruppe für die nächste Tagung in Göttingen mit Bleichroth, Lesaar, Radek, Steffen und Dahncke. Also kein Vorstand, aber nahezu die spätere Vorstandsgruppierung. Dabei fiel Bleichroth die spätere Rolle des Sprechers zu und mir die vorläufige Geschäftsführung.
Wir haben uns mehrfach in Göttingen getroffen. Ich habe dafür auch einen neuen Satzungsentwurf geschrieben. In den Akten der GDCP müsste u. A. der Schriftwechsel

Bleichroth – Dahncke vorhanden sein. Das erforderte alles viel Zeit. Emails gab es noch nicht und Ferngespräche zwischen Wolfgang Bleichroth und mir waren wegen der dürftigen Ausstattung der Pädagogischen Hochschulen praktisch unmöglich. Das IPN ist seinerzeit sehr hilfreich gewesen.
In Göttingen gab es dann mehr Zeit zur Satzungsdiskussion. In Abend- und Nachtsitzungen teilweise bis nach Mitternacht wurde sehr kontrovers diskutiert und alle Probleme aus Königstein tauchten erneut auf, dazu auch die Frage nach weiteren Fachdidaktiken. Es wurde um einzelne Sätze, Satzteile und gelegentlich die Interpunktion gerungen. Am Ende wurde es wieder äußerst knapp. Der endgültige Beschluss und die Vorstandswahl gelangen nach meiner Erinnerung erst im Abschlussplenum.

Horst: Danke Helmut. Damit ist die Geburtsstunde der GDCP geklärt: Die GDCP wurde 1973 auf der Tagung in Göttingen per Satzungsbeschluss gegründet. Die Eintragung in das Vereinsregister erfolgte beim Registergericht in Kiel am 25.9.1973.

Elke: Okay, damit sollten wir das heute endgültig das letzte Mal diskutiert haben – glaube ich aber nicht, aber die Erinnerungen an die Vergangenheit verblassen. Jetzt hast Du viele Physikdidaktiker genannt. Und ehrlich gesagt, seid Ihr immer noch dominant. Gefühlt seid Ihr auch einfach mehr. War die Chemiedidaktik überhaupt bei der Gründung schon dabei?

Horst: Bleichroth nannte mir im Interview vor allem Heinz Schmidkunz, damals Professor an der PH Ruhr.
Der 1. Vorstand der GDCP war folgendermaßen besetzt:
- Prof. Dr. Wolfgang Bleichroth, Sprecher des Vorstands (Physik, PH Göttingen)
- Prof. Dr. Matthias Steffen (Chemie, Uni Hamburg)
- Prof. Dr. Heinz Lesaar (Chemie, PH Rheinland, Bonn)
- AOR Dr. Ulrich Radek (Physik, PH/Uni Oldenburg)
- und Prof. Dr. Helmut Dahncke als Geschäftsführer (PH Kiel)

Elke: Mit Blick auf den 1. Vorstand dominieren institutionell folgerichtig die PHs, abgesehen von Hamburg; hier gab es schon damals keine mehr oder hat es vielleicht niemals eine gegebene. Hamburg hat oder hatte ja das Image einer Reform-Universität. Diese Verknüpfung mit den PHs hat damals zumindest bei Chemiedidaktikern an den Universitäten irgendwie die GDCP stigmatisiert, "man" wollte dieses Image unbedingt loswerden und hat sich da schon eher den Fachkollegen unterworfen.

Horst: Was man sich heute gar nicht mehr vorstellen kann: Bei der Gründung der GDCP gab es heftige Debatten zwischen „rechten" und „linken" Fachdidaktikern – oder besser gesagt, traditionell-inhaltlich orientierten und progressiv-gesellschaftlich orientierten. Letztere waren in der Minderheit, meldeten sich aber umso deutlicher zu Wort. Wolfgang Bleichroth berichtet dazu im Interview:

„(In Göttingen 1973) hat eine sehr lebhafte, auch politische Diskussion stattgefunden. Es gab gewisse Gruppierungen, die den gesellschaftlichen Aspekt in einer bestimmten linken Richtung gewährleistet haben wollten. Es war eine heftige Diskussion."

Zur Veranschaulichung sei der Titel eines Vortrags auf der Göttinger Tagung 1973 zitiert: „Versuch erfolgreich abgeschlagen, den Physikunterricht an Bremer Gymnasien marxistisch zu unterwandern – Ein Bericht“ (Birkmann et al., 1974). Es handelt sich um die ironische Wiedergabe der Aussage eines Bremer Gymnasialdirektors, der ein studentisches Unterrichtspraktikum zum Thema „Umweltbelastung durch Kernkraftwerke“ als „Indoktrination mit linken Ideen“ abgelehnt hatte. Heute würde man das eher als „kontextorientierten Unterricht“ bezeichnen.
Links-Rechts-Grabenkämpfe wie in der Gründungszeit kann man sich heute gar nicht mehr vorstellen. Hören wir abschließend dazu noch einmal Klaus Weltner im Interview:

„Und die ersten Jahre waren gekennzeichnet von erbitterten Redeschlachten zwischen sogenannten Progressiven und Konservativen.“
„Ein Großteil der jungen Leute, der Assistenten, auch der Studenten, waren – wie wir heute sagen – 68er. Die fühlten sich als fortschrittlich, wollten die alten Zöpfe abschneiden. Und dann gab es etwas Ältere, die eigentlich ihre Arbeit tun wollten. Und zwischen denen gab es erbitterte Gefechte – Wortgefechte. Geprügelt haben wir uns nie. Und weil es sich ja um Naturwissenschaftler handelte, die zwar verschiedenen Religionen oder politischen Religionen angehörten, einigte man sich dann darauf, dass keine dieser Gruppen die andere völlig ausgrenzen durfte oder überfahren durfte. Und so kam dann der Wahlmodus zustande.“

Der Wahlmodus war für die erste Vorstandswahl besonders umkämpft. Es gab bis 2019 jeweils eine Wahlliste Physik für die beiden Physikposten im Vorstand und eine Liste Chemie für die beiden anderen Vorstandsmitglieder. Und wichtig: Jedes Mitglied hat in der Mitgliederversammlung nur eine Stimme. Diese kann – unabhängig von der eigenen Fachzugehörigkeit – entweder für eine Kandidatur auf der Chemie-Liste oder eine Kandidatur auf der Physikliste gegeben werden. Das ist immer wieder erklärungsbedürftig – und unterhaltsam.
Elke, Du hast als Wahlleiterin ja Erfahrungen. Kannst Du uns das mit dem Minderheitenschutz bei der Gründungsversammlung nochmal erklären?

Elke: An dieser Stelle vermisse ich ein bisschen die früheren Mitgliederversammlungen, auf denen Stefan von Aufschnaiter oder Helmut Dahncke den Wahlmodus erklärt haben, immer mit dem Hinweis, es sei nun definitiv das letzte Mal. Aber: So funktioniert also der Minderheitenschutz:
Nehmen wir an, in der ersten Mitgliederversammlung saßen 30 „Linke“ und 70 „Rechte“ – vier Vorstandsmitglieder mussten gewählt werden – dann konnten die 30 Linken sich verabreden, nur einen Kandidaten vorzuschlagen, entweder auf der Chemie oder der Physik-Liste, den dann alle wählen.
Somit war die Vertretung im Vorstand gesichert. Hätten alle Stimmberechtigten jedoch zwei Stimmen – für jede Liste eine, dann hätten die „Rechten“ theoretisch alle vier Posten im Vorstand besetzen können, indem sie Kandidaten für jede Liste aufstellen und dann mit jeweils 35 Stimmen wählen. Verstanden? Wenn nicht, macht es auch nichts, man befindet sich in bester Gesellschaft.
Auf jeden Fall war dann meine Wahl in den Vorstand 1990 in Weingarten sozusagen der erste Sündenfall, mich Naivling, der ich damals war, hat man einfach überrollt. Ich hatte keine Ahnung von dem, was da eigentlich so abging, wurde dann plötzlich unvermittelt und ungefragt von Gottfried Merzyn vorgeschlagen und hatte gefühlte fünf Sekunden, um zu

entscheiden, ob ich kandidiere. Da die zweite Person, die wie ich im Nachhinein begriffen habe, eigentlich gesetzt war, aber gar nicht aus der Chemie kam, habe ich einfach ja gesagt und war kurze Zeit später gewählt. Im Establishment muss das unsagbare Wogen geschlagen haben, aber zum Glück hat Helmut Dahncke mich das nie spüren lassen. Dafür bin ich ihm heute noch dankbar.

Horst: Das Prinzip „eine Person – eine Stimme“ hat sich von 1973 bis zur aktuellen Satzung von 2019 erhalten. Heute gibt es allerdings 3 Listen: Chemie, Physik und Wissenschaftlicher Nachwuchs. Es gilt wie vorher: 1 Stimme für eine beliebige Liste.

Elke: Stichwort „Wissenschaftlicher Nachwuchs“: Wie kam es eigentlich zur Bildung dieser Gruppe? Ich war ja durch diese ominöse Wahl schon im Vorstand und verstand mich eigentlich damals noch wirklich als Nachwuchs. Der erste gewählte Nachwuchsvertreter, Lutz Schön, war dann auch noch älter als ich. Mir war das damals suspekt und ich fühlte mich irgendwie ausgeschlossen. Gehörte ich damals schon zum “alten Eisen”? So stehe ich hier heute und war wirklich irgendwie niemals Nachwuchs!

Horst: Nun ja, die Definition von „Wissenschaftlicher Nachwuchs“ hat sich in den Jahren gewandelt. Gegründet wurde der Arbeitskreis 1993. Ich habe damals zu einem ersten informellen Treffen des „Wissenschaftlichen Nachwuchses“ am Montagabend der Tagung 1993 in Kiel eingeladen. In meinem Rundschreiben steht:

Liebe Kollegin, lieber Kollege,
seit etwa 2 Jahren hat sich die GDCP die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf die Fahnen geschrieben. Ich meine, es ist an der Zeit, daß der wissenschaftliche Nachwuchs sich selbst verstärkt zu Wort meldet, um seine spezifischen Interessen in der GDCP zu vertreten. Ich schlage daher vor, einen offenen, informellen Arbeitskreis "jüngerer Nachwuchswissenschaftler" zu gründen. Gedacht habe ich an die Gruppe der Nicht-Profs, d. h. der nicht-etablierten Kolleginnen und Kollegen unter 50 – was im Hinblick auf "jünger" bereits einiges über die GDCP und die Fachdidaktik aussagt.
Ich schlage vor, daß unsere Arbeitsgruppe – falls sie denn zustandekommt – sich auf der GDCP-Tagung in Kiel am Montag (20.9.93) trifft, um die Zusammenarbeit und die Vorgehensweise auf der Mitgliederversammlung abzusprechen.
Mit besten Wünschen für die Sommerferien – H. Schecker“

Das Alter der Erstberufung lag in den 1990er eher über 40 Jahre als darunter. „Nachwuchs“ bedeutete damals also „Nicht-Prof“ und „unter 50“. Elke, Du warst schon Professorin in Essen – daher also nicht mehr „Nachwuchs“. Sorry.

Elke: Die Sache mit dem “jünger” ist heute zum Glück anders. Der heutige Nachwuchs sind Doktorierende und PostDocs, damals waren es vielfach akademische Räte, denn es gab ja praktisch keine Drittmittelstellen und kaum universitäre Mitarbeiterstellen. Die Mehrheit hier im Raum kann es sich vermutlich nicht vorstellen, aber in meiner Erinnerung sind in den 80ern überhaupt keine Professuren ausgeschrieben worden. Erst Mitte der 90er hat sich die Lage etwas verbessert. Eigentlich war es wahnsinnig, sich Ende der 70er-Jahre auf die Fachdidaktik einzulassen. Aber das haben wir ja auch nicht gewusst.

Horst: So war das. Ich habe in den 1990ern eine Liste mit den Physik-Lehrstuhlinhabern und deren voraussichtlichen Pensionierungen geführt – die Liste war einfach deprimierend.
Doch zurück zum Nachwuchs: Zum ersten Treffen 1993 kamen etwa 20 Personen in das Restaurant „Düppel 88“ in Kiel. Neben einer Reihe von Forderungen bezüglich der inhaltlichen Gestaltung der GDCP-Tagungen zugunsten des „Nachwuchses“ haben wir auf dem Treffen eine Person ausgeguckt, die für den Vorstand kandidieren sollte: Das wurde Lutz Schön – Nicht-Prof. und knapp unter 50. Lutz wurde dann in der Mitgliederversammlung auch gewählt.
Dass ein Mitglied des GDCP-Vorstands aus der Nachwuchsrunde kommen soll, beruhte immer auf einem informellen Konsens in Mitgliedschaft und Vorstand. Es gibt keine Nachwuchsvertretung im Vorstand qua Amt der Sprecherin oder des Sprechers der Nachwuchsgruppe, sondern eine ungeschriebene Regel in der Mitgliedschaft sorgt dafür, dass entsprechende junge Personen gewählt werden.

Elke: Das bedeutet aber auch: Die erste Doktorierendentagung gab es schon vor der Gründung des Arbeitskreises. Die erste Tagung war nämlich 1992 in Kiel. Und wer hat sie organisiert: Natürlich Helmut Dahncke! Da hätten wir letztes Jahr in Blaubeuren eigentlich 30 Jahre feiern können! Das hatte aber niemand auf dem Schirm. Aber zur Geschichte: Die Doktorierendentagung hatte also mit dem wissenschaftlichen Nachwuchs nichts zu tun, auch lustig, sondern war ein Produkt der deutschen Wiedervereinigung. In der DDR gab es eine solche Veranstaltung bereits seit Jahren und deren Arbeitsweise hat auch unsere ersten Tagungen geprägt. Nicht umsonst haben wir heute jede Menge Handzettel und Anleitungen, wie zu moderieren und zu diskutieren ist.

Horst: Die stammen allerdings nicht aus alten DDR-Zeiten.

Elke: Richtig, aber diese Prägungen haben sie notwendig gemacht, um zu einer konstruktiven Arbeitsweise zu kommen. Und auch der Standard der Unterkünfte hat sich über die Jahre erheblich verändert.

Horst: Besonders gerne erinnere ich mich an die Tagung 2007 in Bad Zwischenahn. Zu den Highlights des „geselligen Beisammenseins“ gehörte samstagsnachts der Karaoke-Wettbewerb. In Bad Zwischenahn haben Ilka Parchmann und ich zu später Stunde sogar ein Duett gesungen. Der GDCP-Vorstand hat einmal erwogen, eine Karaoke-Anlage für die Doktorandentagungen anzuschaffen.

Elke: Die Karaoke-Anlage kam – glaube ich – durch Essen ins Spiel. In NWU-Zeiten gehörte sie bei uns zum Standard-Unterhaltungsprogramm und wurde irgendwann zur Doktorierendentagung einfach mitgenommen. Ich glaube, Sabine Fechner war daran nicht unschuldig. Über die Zeit sahen sich dann die Veranstalter gezwungen, sich darum zu kümmern, aber dann hat sich der Trend wieder verloren, eine Tradition wurde es nicht. Aber Euer Duett hat bei allen Anwesenden nachhaltig Eindruck hinterlassen. Es gehört auch zu den Dingen, die mir bei Doktorierendentagungen sofort einfallen.

Horst: In den ersten Jahren stand ich den Doktorandenseminaren übrigens sehr skeptisch gegenüber. Sie erschienen mir aus Berichten von Teilnehmenden eher wie ein Präsentieren und Schaulaufen der Doktorandinnen und Doktoranden – weniger als eine kollegiale

Beratung. Es gab durchaus öffentliche (im ganzen Tagungsverteiler) durchgeführte – nennen wir es mal Diskussionen – zwischen Betreuern nach dem Motto „Haust Du meinen – hau ich Deinen“. Das hat sich inzwischen sehr zum Positiven gewandelt – bis hin zu “bloß keine Kritik, nur das Positive hervorheben”. Das finde ich manchmal zu weichgekocht.

Elke: Da gebe ich Dir recht, aber die Entwicklung war sehr wichtig, um diese Tagungen zum Erfolg zu führen. Viele – mich eingeschlossen – halten sie heute für die Tagung mit dem besten Format.
So haben wir mit den Doktorierendentagungen die Wiedervereinigung auch schon abgearbeitet, die erste wirkliche Vergrößerung der Mitgliedschaft, die ich erlebt habe.
In den 90er Jahren wurde dann unter kräftiger Mitarbeit der GDCP so einiges mehr auf den Weg gebracht. Es wurde an der Vernetzung gearbeitet, sowohl national wie auch international. Wo fangen wir an?

Horst: National. Es gab schon in den 1980er Jahren die AFNM, die „Arbeitsgemeinschaft für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik“. Sie wurde unter tatkräftiger Mitwirkung der GDCP gegründet. Das erste Positionspapier zu Kriterien für die Berufung auf fachdidaktische Professuren, von der AFNM 1994 verabschiedet, geht z. B. auf einen Beschluss der GDCP-Mitgliederversammlung von 1991 zurück.
1995 ging die AFNM in die KVFF über, die „Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften“. Daraus wurde dann im Weiteren die GFD – „Gesellschaft für Fachdidaktik“. Die KVFF und die GFD wurden maßgeblich von dem Biologiedidaktiker Horst Bayrhuber vom IPN initiiert. Ich glaube aber, es ist nicht vermessen, wenn man sagt, dass die inhaltliche Arbeit der GFD sehr stark von den jeweiligen Vertreterinnen und Vertretern der GDCP in der GFD-Runde getragen wurde.

Elke: AFNM, KVFF, GFD – ganz schön viele Akronyme. Zur Vernetzung gehörte außerdem die ADINA, die „Arbeitsgruppe Didaktik der naturwissenschaftlichen Fächer“. Die ADINA wurde von der Biologiedidaktik in Person von Horst Bayrhuber vom IPN initiiert, vermutlich tatkräftig – sagen wir mal – unterstützt durch Jürgen Baumert, den damaligen Direktor des IPN. Deshalb fanden die Treffen auch immer in Salzau statt.

Horst: Ja, ich erinnere mich – ein schöner Tagungsort, allerdings für alle, die aus dem Süden anreisen mussten, am Ende der Welt.

Elke: Ich habe dazu bei anderer Gelegenheit mal geschrieben (Sumfleth, 2021):

Irgendwo im Nirgendwo in Schleswig-Holstein. Ein Bus brachte uns ans Ende der Welt, schon Kiel ist schwer zu erreichen, aber dann... ein Gutshof, der damals auch zur Unterbringung von Jugendorchestern beim Schleswig-Holsteinischen Musikfestivals diente: große Mehrbettzimmer mit geteilten Bädern unter Stuckdecken in einem ehemals hochherrschaftlichen Ambiente, an dem der Zahn der Zeit nagte. …

Und was ist aus dem Gut Salzau geworden? Bei Google findet man (Kieler Nachrichten, 2017):

”Wo einst in Salzau der Adel residierte, leben jetzt 320 Flüchtlinge.“ Der Adel war vor uns, die Flüchtlinge nach uns, was will uns das sagen? Und der letzte Eintrag 2011: "Sieben Jahre suchte Schleswig-Holstein für Schloss Salzau einen Käufer. Jetzt konnte die Finanzministerin Vollzug melden."

Zur Hälfte des erhofften Ertrags verscherbelte das Land den Prachtbau (ich vermute nur das Grundstück) an einen Investor. Zum Glück ist es den Naturwissenschaftsdidaktiken besser ergangen, aber Salzau konnten wir nicht retten.

Horst: Vielleicht hätte die GDCP Salzau ja kaufen können.
Die ADINA wurde 1994 gegründet, um durch gegenseitige kollegiale Beratung DFG-Anträge vorzubereiten. Durch intensive Beratungsrunden unter Einbeziehung von erfahrenen DFG-Gutachtern aus der Lernpsychologie konnte die Zahl von DFG-Bewilligungen aus den Naturwissenschaftsdidaktiken deutlich gesteigert werden. Das war sicherlich auch eine der Grundlagen für Euren Erfolg, Elke mit Hans Fischer, mit der Essener DFG-Forschergruppe und dem Graduiertenkolleg „NWU“ – naturwissenschaftlicher Unterricht (Fischer & Sumfleth, 2013).

Elke: Vollkommen richtig, und das hat bei uns allen an vielen verschiedenen Orten auch zur fruchtbaren Zusammenarbeit mit der Lernpsychologie geführt. Irgendjemand hat mal gesagt: Es hat halt jeder seinen eigenen Psychologen. Wir hätten es ohne Detlev Leutner auch nicht geschafft. Im Übrigen sehe ich hierin auch die Wurzeln der GEBF, der „Gesellschaft für empirische Bildungsforschung“.

Horst: Soweit die nationale Vernetzung. Und international? Da warst Du doch von Beginn an mit dabei.

Elke: Ja, stimmt, und auch Hans Niedderer. Ich erinnere mich an ein Treffen in Utrecht, u.a. mit Piet Lijnse, Phil Adey, Ros Driver, Dimitris Psillos .... Hans Niedderer erinnert sich an ein solches in Rom. Ergebnis dieser Gesprächsfolge war jedenfalls die erste Summerschool in Zeist in den Niederlanden, organisiert von Utrecht, 1993. Auch diese Tagungen werden von den Doktorierenden bis heute hoch gelobt und dienen der frühzeitigen internationalen Vernetzung der Doktorierenden. Dadurch ist vieles leichter geworden.
Dann die Tagung für die “Großen” mit dem Titel *Science Education Research in Europe*, in Leeds, 1995. Hier wurde die Satzung der ESERA verabschiedet, was ohne das diplomatische Geschick von Helmut Dahncke nie gelungen wäre. Die Franzosen waren nur sehr schwer zu integrieren und die Diskussionen mit den Engländern und den Holländern müssen – wie sagt man heute so schön – intensiv gewesen sein. Die erste Tagung der ESERA war dann in Rom 1997. Interessant, auch die Gesellschaft müsste ein Problem mit der Festlegung ihres Alters haben. Wie sich die Dinge gleichen.

Horst: Beim Stichwort ESERA-Tagungen fällt mir eine Diskussion ein, die bei unseren GDCP-Tagungen immer mal wieder hochkommt: Soll es eine Begutachtung und Auswahl von Tagungsbeiträgen geben? Oder verzichten wir auf diese vermeintliche Qualitätskontrolle? Meine Erfahrungen lassen mich am Sinn von Vorbegutachtungen zweifeln. Ich fand das Niveau der Vorträge auf unseren GDCP-Jahrestagungen im Mittel deutlich höher als das bei der ESERA erlebte.

Elke: Ja, die Begutachtung wurde immer wieder als Allheilmittel diskutiert. Allein, wenn ich mir heute die Vielzahl der zusätzlichen Begutachtungen vorstelle, wird mir schon ganz anders. Übrigens konnte man sich damals auch nicht vorstellen, wie viel Zeit jeder und jede von uns mit Gutachten zubringen würde. Das Qualitätsargument war das eine, die Zahl der Vorträge bzw. der maximal möglichen Schienen auf einer Tagung das andere.
Gefühlt wurde schon das Einrichten der fünften Schiene kritisch gesehen, kann aber nicht stimmen, weil Wolfgang Bleichroth schon sechs Schienen für 1973 benennt. Heute sind wir bei sieben oder acht und hier in Hamburg sind es sogar zehn. Nun hat aber die Diskussion darüber aufgehört.
Übrigens, auch bei der Doktorierendentagung war die Einführung der zweiten Schiene ein deutlicher Diskussionspunkt. Schließlich wurden die Namens-Magnete zur besseren Verteilung der Betreuenden eingeführt. Ob sie wirklich ihren Zweck erfüllen? Aber auf jeden Fall verhindern sie wohl, dass ein Doktorand allein im Raum ist.

Horst: Die Zahl der Vorträge hat in beeindruckendem Maße zugenommen. Allerdings erlebt man heute fast nur noch den Wissenschaftlichen Nachwuchs als Vortragende – mit durchweg exzellenten Vorträgen. Die „etablierten" Kolleginnen und Kollegen halten sich meist vornehm zurück. Eigentlich schade: Als Doktorand bin ich, wie schon gesagt, gerne in Vorträge von bekannten Leuten gegangen, die ich bis dahin nur von ihren Veröffentlichungen kannte, um sie live auf der Bühne zu erleben.

Elke: Ja, das stimmt. Mir wurde in Wien sogar extra gesagt, dass man es gut findet, dass ich selbst in einem Symposium vorgetragen habe. Du stehst also mit Deiner Auffassung nicht allein da, aber den Doktorierenden und Postdocs bieten sich auf diese Weise natürlich auch herausragende Gelegenheiten, das Präsentieren zu üben.
In den 1990er Jahren hatten wir eine sehr dynamische Entwicklung der fachdidaktischen Forschung sowohl qualitativ als auch in ihrer strukturellen Verankerung in den Universitäten. In der Folge von TIMSS und dann besonders von PISA – verbunden mit der Stärkung empirischer fachdidaktischer Forschung – kam es ab Anfang der 2000er Jahre zu einem deutlichen personellen Aufwuchs bei den Qualifikationsstellen, der sich auch im steilen Anstieg der GDCP-Mitgliederzahlen niederschlug. Die Gesellschaft wurde immer „jünger".
In diesen Zusammenhang passt die Gründung der GDCP-Stiftung zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Horst, das Projekt hattest Du als GDCP-Sprecher angeschoben.

Horst: Ja, für die Gründung der Stiftung gab es in der Mitgliederversammlung 2010 in Potsdam einen Entschließungsantrag. Ich habe dann zusammen mit Dietmar Höttecke als Geschäftsführer die Satzung ausgearbeitet und um Mittel geworben. 45 Stifterinnen und Stifter haben als Gemeinschaftsstiftung 51.600 Euro aufgebracht. Damit konnte die Stiftung im Juni 2012 gegründet werden. Die Stiftung hat inzwischen über 15.000 Euro an Fördermitteln ausgeschüttet, u. a. für den GDCP-Nachwuchspreis. Angesichts der sehr geringen Zinsmargen nach 2012 war das nur möglich, weil die Stiftung auch Spenden eingenommen hat, nicht zuletzt, Elke, anlässlich der Feiern zu unseren 60. Geburtstagen. Dies nochmal als Anregung für kommende Dienstjubiläen.
Auch der neue Podcast des „Wissenschaftlichen Nachwuchses" mit dem Titel „NICHT im Fachraum essen" wird aus Mitteln der Stiftung gefördert. Übrigens sehr empfehlenswert für

alle GDCP-Mitglieder, um Einblicke in aktuelle Forschungsvorhaben des Nachwuchses zu gewinnen.
Aber sage mal Elke, was ist Dir von den GDCP-Jahrestagungen besonders in Erinnerung geblieben?

Elke: Es gab sicher Jahrestagungen, bei denen die Plenarvorträge ganz ausgezeichnet ausgewählt und Highlights waren und natürlich auch solche, bei denen man – individuell sicherlich unterschiedlich – kopfschüttelnd rausgegangen ist, aber im Rückblick auf die vielen Tagungen bleiben mehr die Highlights aus dem Begleitprogramm oder auch nicht so gut gelungene Veranstaltungen, über die wir jetzt das Schweigen ausbreiten.
In manchen Orten waren es sicherlich die Rathausempfänge, z. B. Willi Lemke als Bildungssenator bei Euch im wunderschönen Bremer Rathaus 1999. Vielleicht erinnert sich auch noch jemand an den Ausblick aus dem 21. Stockwerk in Essen, oder Freiburg, Heidelberg usw. Der Rotweinfleck im historischen goldenen Buch in Weingarten gehört eher zu den etwas peinlichen Momenten, aber da nennen wir keine Namen.

Horst: Der Blick aus der Beletage Eures Rathauses in Essen (1998) über die Stadt war in der Tat beeindruckend. Überhaupt, dass eine so große Stadt unsere so kleine Gesellschaft offiziell zum Empfang einlud, das war nicht selbstverständlich und wäre heute vermutlich auch nicht mehr möglich.
Aus Sicht des Vorstands stellen sich die Jahrestagungen natürlich anders dar als aus der Sicht der Teilnehmenden. Es gibt viel Vorbereitungsarbeit in Kooperation mit der örtlichen Tagungsleitung. Die ÖTL kümmert sich um die Infrastruktur und die Organisation – die Hörsäle und die Seminarräume für die Vortragsstränge, die Lounge-Bereiche für die Kaffeepausen, das Rahmenprogramm und vieles mehr. Das ist in den letzten Jahren immer aufwändiger geworden – und teurer. Dietmar Höttecke und Mirjam Steffensky können als Organisatoren der diesjährigen Tagung sicher ein Lied davon singen, wenn z.B. aus baupolizeilichen Gründen der Pausenkaffee nicht mehr in den Fluren des Fakultätsgebäudes ausgeschenkt werden darf. Hier schlägt der deutsche Regulierungswahn zu. Das war bei den frühen GDCP-Tagungen deutlich entspannter.
Der Vorstand plant das Programm. Da gibt es ein paar Themen, die immer wieder aufpoppen – in den Vorstandssitzungen ebenso wie in der Mitgliederversammlung.

Elke: Neben der Diskussion über die Zahl der Vortragstränge wird natürlich mit schöner Regelmäßigkeit über die Posterausstellung diskutiert. Ich warte auf einen Vorschlag, den wir noch nicht ausprobiert haben, aber ich finde, dass wir inzwischen an Grenzen der Optimierbarkeit stoßen. Es gibt halt nicht überall Innenhöfe wie in Wien und glücklicher Weise sind auch nicht alle Flure so eng wie damals in Dresden. Aber letztlich kann das keiner ändern, auch die Veranstaltenden nicht. Spannend sind die Vorabendtreffen am Sonntag – weil nicht planbar.
Übrigens, früher gab es auch Lehrmittelausstellungen. Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass der organisatorische und versicherungstechnische Aufwand zum Schluss in keinem Verhältnis mehr zum Nutzen stand. Und das Ausweisen von Veranstaltungen zur Lehrerfortbildung wurde auch aufgegeben und stattdessen versucht, die ganze Tagung als solche darzustellen.
In der Vorstandsarbeit wiederholen sich die Dinge sicher auch: Stellungnahmen zu Lehrplänen und Studienordnungen, zur Qualifikation von wissenschaftlichem Nachwuchs, zu Kriterien

für Berufungsverfahren, zum Selbstverständnis der Fachdidaktiken. Bringen solche Stellungnahmen eigentlich etwas? Papier ist geduldig, nur Menschen können etwas bewirken.

Horst: Letztlich entscheiden die Personen vor Ort z. B. über die Denomination und Ausstattung der Lehrstühle. Welche Rolle dabei ein Positionspapier der GDCP bzw. der GFD oder ein Brief des GDCP-Vorstands an das Universitätspräsidium und/oder das Dekanat spielen? Ich weiß es nicht. Aber dennoch: Wir müssen Flagge zeigen und vor Ort Unterstützung anbieten.

Elke: Ja, das denke ich auch, aber vielleicht auf Nachfrage. Ich bezweifle z. B. die Wirksamkeit von Schreiben an alle Hochschulleitungen. Diese landen mit Sicherheit im Rundordner. In der bildungspolitischen Diskussion können wir wohl nur über die GFD sichtbarer werden. Wir sind da immer noch zu klein und vertreten letztlich unbeliebte kleine Fächer. Aber auch die GFD hat da noch Luft nach oben. Ich weiß aber auch nicht, wieweit die GEBF in diesem Bereich erfolgreich ist. Letztlich werden Menschen in Gremien nominiert, die entweder bestimmte Institutionen vertreten oder irgendjemandem irgendwie bekannt sind.

Sprecher/in des Vorstands		**Geschäftsführung**	
1973-1976	Prof. Dr. Wolfgang Bleichroth, PH Göttingen	1973-1977	Prof. Dr. Helmut Dahncke
1976-1980	Prof. Dr. Klaus Weltner, U Frankfurt a.M.	1977-1981	Dr. Hermann Härtel
1980-1984	Prof. Dr. Helmut Schmidt, U Köln	1981-1985	Dr. Helmut Mikelskis
1984-1990	Prof. Dr. Rainer Götz, PH Freiburg	1985-1991	Dr. Klaus-Hartmut Wiebel
1990-1996	Prof. Dr. Helmut Dahncke, PH/U Kiel	1991-1996	Dr. Helga Behrendt
1996-2001	Prof. Dr. Lutz Schön, HU Berlin	1996-2001	Dr. Renate Brechel
2001-2005	Prof. Dr. Elke Sumfleth, U Duisburg-Essen	2001-2005	Dr. Anja Pitton
2005-2011	Prof. Dr. Horst Schecker, U Bremen	2005-2011	Prof. Dr. Dietmar Höttecke
2011-201	Prof. Dr. Ilka Parchmann, IPN Kiel	2011-2015	Dr. Sascha Bernholt
2015-2019	Prof. Dr. Karsten Rincke, U Regensburg	2015-2019	Dr. Christian Maurer
201-2023	Prof. Dr. Stefan Rumann, Duisburg-Essen	2019-2022	Prof. Dr. Sebastian Habig
		2022-	Dr. Helena van Vorst

Tab. 1: Sprecher und Sprecherinnen des Vorstands der GDCP und Geschäftsführungen

Horst: Wo wir gerade bei der Vorstandsarbeit sind: Ein großer Teil, nicht nur des Tagesgeschäfts, liegt in den Händen der Geschäftsführung der GDCP. Die Geschäftsführung kümmert sich um die Mitglieder mit ihren vielfältigen Wünschen und Anfragen, gruppiert (Sonderwünsche werden ja offiziell nicht berücksichtigt, aber …) und verteilt in aufwändiger Puzzlearbeit die angemeldeten Vorträge auf die Vortragsstränge, verwaltet die Finanzen, erstellt für das Finanzamt die Unterlagen für die Freistellungserklärungen der GDCP und der

GDCP-Stiftung von Steuer, aktualisiert die Homepage, versendet Newsletter und GDCP-Rundbriefe usw. usw. Das ist mehr als ein „Nebenjob“. Die Geschäftsführungen haben in die Vorstandssitzungen zudem auch viele inhaltliche Impuls eingebracht. Neben neun Sprechern und zwei Sprecherinnen hatte die GDCP in den 50 Jahren auch vier Geschäftsführerinnen und acht Geschäftsführer (Tab. 1). Ich denke, an dieser Stelle verdienen die Geschäftsführungen einen Applaus.
Seit 2005 wird die Geschäftsführung aus Mitteln der GDCP mitfinanziert. Das hast Du, Elke, damals als Sprecherin angeschoben. Damit konnten auch Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer die Aufgabe übernehmen, die nicht auf einer Dauerstelle beschäftigt sind. Nun aber von der Vorstandsarbeit zu den Themen der chemie- und physikdidaktischen Forschung. Vor dem Hintergrund von 50 Jahren GDCP-Jahrestagungen: Kann man eigentlich inhaltlich eine Entwicklung beschreiben?

Elke: Tagungsthemen gibt es schon seit 1973. Hieran eine Entwicklung zu beschreiben ist allerdings ziemlich mühsam. Das bringt genauso wenig, wie die einzelnen Vortragsthemen zu thematisieren. Sie sind halt wenig aussagekräftig, was man spätestens dann merkt, wenn man den Besuch von Vorträgen nur mit dem gelben Blatt organisiert, welches dennoch extrem hilfreich ist. Dieses Jahr erkennt man ganz deutlich die Hype-Themen Digitalisierung und KI. Aber 1993 – 20 Jahre GDCP in Kiel – haben Reinders Duit für die Physikdidaktik und Hans-Joachim Bader für die Chemiedidaktik – Rückblicke gewagt, Defizite aufgezeigt und Forderungen an die Zukunft formuliert. Lass uns mal schauen, wieweit wir da gekommen sind. Die beiden in ihren Forschungsthemen doch sehr unterschiedlichen Kollegen, Reinders Duit, stark empirisch geprägt, und Achim Bader, eher experimentell entwickelnd, haben durchaus ähnliche Punkte aufgeworfen. Beginnen wir mal mit der Forschung.

Horst: Reinders Duit greift 1993 dazu vier Punkte aus einem Plenarvortrag auf, den Helmut Dahncke bereits 1984 gehalten hat (Dahncke, 1985), und bezeichnet diese als „nicht zufriedenstellend gelöst“ (Duit, 1994):
- Etablierung fachdidaktischer Forschung bei der DFG,
- Etablierung empirisch fachdidaktischer Unterrichtsforschung,
- Etablierung von Qualitätskontrollen,
- Etablierung einer internationalen Perspektive.

Elke: Und Achim Bader (1994) beschrieb neben Beispielen wie Unterrichtsmethoden, Schülervorstellungen und experimentelle Erschließung von Inhalten ein Defizit beim Einsatz empirischer Methoden, verwies auf eine fehlende Vernetzung von Forschungsfeldern und wünschte sich intensivere inhaltliche Diskussionen. Ich würde sagen: Haken hinter, haben wir alles erreicht.

Horst: Ich stimme zu. Auch Duit zeigte sich in seinem Plenarvortrag auf der GDCP-Jahrestagung 2006, 13 Jahre später, bezüglich der Forschungsqualität positiv gestimmt:

„*TIMSS und PISA (haben) der empirischen Lehr-Lern-Forschung wichtige Impulse gegeben, sich am internationalen Stand zu orientieren, mit internationalen Partnern zu kooperieren und eigenständige Forschung zu betreiben, die sich hinter der Forschung in den international "etablierten" Ländern nicht zu verstecken braucht.*“ (Duit, 2007, S. 81)

Man kann sicherlich sagen, dass die GDCP als Forum für die Präsentation und Diskussion physik- und chemiedidaktischer Forschung diese Qualitätsentwicklung wesentlich unterstützt hat.

Elke: Der zweite Bereich, den Reinders Duit und Achim Bader 1993 aufgegriffen haben, ist die Positionierung der Fachdidaktiken in der Hochschullandschaft.

Horst: Duit beschreibt mit einem Zitat des Physikdidaktikers Wilfried Kuhn das Verhältnis zwischen Fachdidaktikern und Fachphysikern, wo die einen die anderen als "nützliche Hilfskräfte" (Kuhn zitiert nach Duit, 1994, S. 90) sehen. Jeder hier im Raum mag sich denken, wer die einen, wer die anderen waren. Ob sich das Verhältnis inzwischen entspannt hat? Das ist sicherlich sehr standortabhängig.
Außerdem beklagt Duit die Stellenkürzungen der 1980er Jahre und die Altersstruktur der Fachdidaktiker und beschreibt die unterschiedliche Einbindung der Fachdidaktiken, also die Fach-zu-Fach Zuordnung bzw. die Eingliederung in erziehungswissenschaftliche Fachbereiche, mit den je spezifischen Nachteilen der jeweiligen Situation.

Elke: Gerade diese Problematik ist heute kein Thema mehr, weil überall – vor allem durch die Zentren für Lehrerbildung –Quervernetzungen entstanden sind, die diesen Schwierigkeiten entgegenwirken. Ganz analog formulierte übrigens Achim Bader die personelle und finanzielle Situation, wobei sich ja auch diese überwiegend entscheidend verbessert hat.
Demgegenüber stellen sich die von ihm beschriebenen Probleme der wissenschaftlichen Qualifikation des Nachwuchses heute zwar vielleicht ein bisschen anders dar, sind aber geblieben. Da der Wert einer Promotion für eine Schullaufbahn immer noch von vielen nicht gesehen wird, haben wir immer noch Rekrutierungsprobleme.

Horst: Wir stehen halt in Konkurrenz mit dem attraktiven Arbeitgeber Schule, der mit Verbeamtung lockt – und bei dem die Bürgermeister bald wieder mit günstigen Baugrundstücken locken, wenn man an eine Schule „auf dem Land" geht – das hatten wir schon mal in den 1980er Jahren.

Elke: Ja, ein Zeitzeuge ist Volker Scharf. Er hat mir mal erzählt, dass man ihm nach dem Referendariat in Schleswig-Holstein nicht nur eine Stelle, sondern auch einen Bauplatz angeboten hat, wenn er an die Westküste gehen würde. Hat er, wie die meisten wissen, nicht getan.

Horst: Ein Blick in den wöchentlichen Newsletter der GDCP oder die Stellenausschreibungen auf der GDCP-Homepage zeigt die vielen offenen Qualifikationsstellen in der Physik- und Chemiedidaktik. Wir sollten deutlicher machen, dass eine fachdidaktische Promotion nicht nur Grundlage für eine Karriere in der Wissenschaft ist, sondern ebenso den Weg öffnet für herausgehobene Positionen in Schulen, der Schulverwaltung oder der zweiten Phase der Lehrkräftebildung. Wie wäre es mit einer Seite auf der GDCP-Homepage „Karrierewege in und aus der Naturwissenschaftsdidaktik" – wir kennen doch viele ehemalige Mitarbeitende, die außerhalb der Universitäten sehr attraktive Positionen erreicht haben.

Elke: Sehr gute Idee, aber ich fürchte ein bisschen den Datenschutz. Da müssen wohl alle Betroffenen zustimmen.

Eine Baustelle bleibt das schwierige Verhältnis zwischen Fachdidaktik und Schulpraxis. Achim Bader und Reinders Duit sind sich in ihren Analysen zum 20. Geburtstag der GDCP auch hier einig.

Horst: Duit (1994, S. 89) schreibt dazu:

"Ergebnisse fachdidaktischer Forschung erreichen die Lehrer häufig nicht bzw. werden von ihnen als irrelevant eingeschätzt. Das gilt auch für Fachleiter und Mitglieder von Lehrplankommissionen (...) wie für ministerielle Entscheidungsträger. (...) Die Fachdidaktik hat es bisher nicht vermocht, diesem Personenkreis verständlich zu machen, dass fachdidaktische Forschungsergebnisse keine Rezepte für Unterricht liefern können."

Er zitiert dann den Berliner Physikdidaktiker Willer:
"Ziel fachdidaktischer Forschung ist vielmehr die Abgrenzung des Rahmens und die Klärung der Bedingungen, innerhalb derer der einzelne Lehrer jeweils seine Entscheidungen zu fällen hat." (Willer zitiert nach Duit, 1994, S. 89)

Ich glaube, hier haben wir auch heute noch viel Luft nach oben. Zum Beleg ein Zitat aus jüngerer Zeit:
„Es gibt eine Reihe von ausgearbeiteten Vorschlägen zum Unterricht über Quantenphysik (...) Für keinen dieser Zugänge liegen belastbare empirische Befunde vor (...) Jede Lehrkraft wird sich also für ihren eigenen Weg entscheiden müssen." (Rode & Barth, 2017)

Diese Wahrnehmung und Kritik an der Physikdidaktik – berechtigt oder nicht – haben Michael Rode und Michael Barth, beide übrigens der universitären Fachdidaktik gegenüber sehr aufgeschlossen, aus Sicht der Schulpraxis in der Zeitschrift „Unterricht Physik" formuliert.

Elke: Unser Problem geht darüber hinaus: Der Sinn und Nutzen empirischer Evidenz wird weitgehend angezweifelt. Die Praxisseite hätte gern schlichte Arbeitserleichterung, Entlastung, fertige Reihen, die in jeder Situation – unabhängig von der jeweiligen Schülerschaft – nutzbar sind. Diesen Wunsch können wir wohl kaum erfüllen, auch die entwicklungsfreudigste Fachdidaktik nicht.
Wir brauchen hier neue kreative Ideen der jüngeren Generation. Ehrlich gesagt, mir fällt zu der Gesamtlage auch nicht mehr viel ein. Zitat einer bereits mit uns kooperierenden Lehrkraft, ungefähr 2010: *"Nein, drei Seiten Text als Zusammenfassung eines Projekts sind zu lang. Das zu lesen, habe ich keine Zeit."* Es geht sicher noch am leichtesten durch die Lehrkräfteausbildung, mit der entscheidenden Frage, was im Berufsalltag denn dann über die Jahre so davon übrigbleibt, wenn die schwierigen Rahmenbedingungen des täglichen Unterrichts häufig das schlichte "Überleben" in den Vordergrund rücken. Andererseits bleiben die Möglichkeiten der Lehrerfortbildung, die zurzeit noch weitgehend verschenkt werden und in Zeiten eines dramatischen Lehrermangels womöglich ganz zur Disposition gestellt werden.

Horst: Wir wollen aber kein Trübsal blasen. Werfen wir lieber nochmal einen Blick auf die ja doch überaus erfreuliche Entwicklung der GDCP:

- 1972: 0. Jahrestagung mit heftigen Vor-Geburtswehen (Königstein)
- 1973: 1. Jahrestagung (Göttingen) mit der Gründung der GDCP am 25.9.1973, Sprecher: Wolfgang Bleichroth, Geschäftsführer: Helmut Dahncke
- ca. 1988: 1. GDCP-Schwerpunkttagung (der „AG Sek. II in der GDCP"; damals noch „Zwischentagung" genannt)
- 1992: 1. GDCP-Doktorandenseminar (Kiel)
- 1993: Gründung des Arbeitskreises „Wissenschaftlicher Nachwuchs in der GDCP"
- 1993: 1. Verleihung einer GDCP-Ehrenmitgliedschaft (W. Bleichroth; 1998 an Dahncke, Weltner, Schmidt und Götz)
- 1994: 1. Verleihung des GDCP-Nachwuchspreises (St. Wirth, M. Lichtfeld)
- 2007: 1. gemeinsame GDCP-Jahrestagung mit dem Fachverband Didaktik der Biologie (FDdB; i. R. der GFD-Tagung in Essen)
- 2008: 1. Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille (R. Duit)
- 2012: Gründung der „GDCP-Stiftung zur Förderung des Wissenschaftlichen Nachwuchses"
- 2013: Die Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN) wird Vereinszeitschrift (gemeinsam mit dem FDdB; erste geschäftsführende Herausgeber: S. Rumann, K. Neumann)
- 2022: 1. Verleihung des GDCP-Paper-Preises (D. Schiering, St. Sorge & K. Neumann).
- 2023: 50. Gründungstag der GDCP

Elke: Man sieht: Die GDCP gedeiht – und sie wächst. Das lässt sich an den Mitgliederzahlen festmachen.

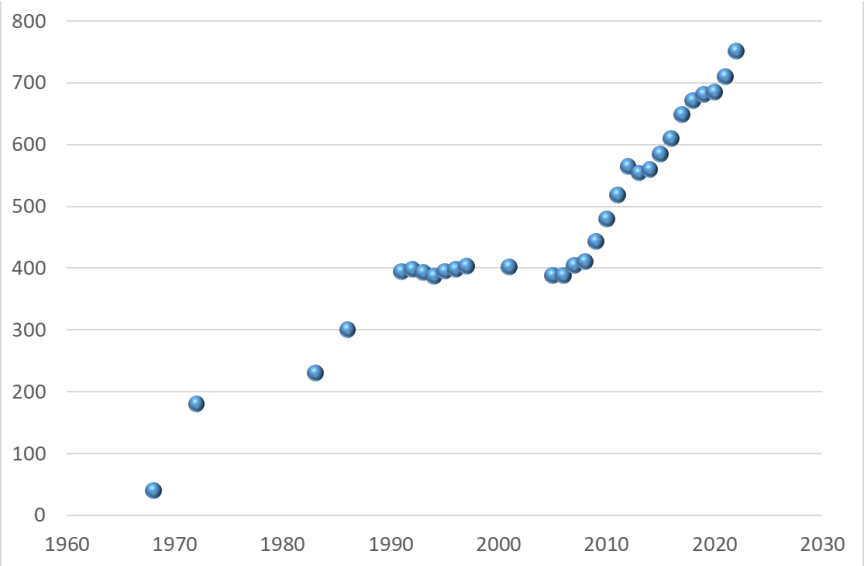


Abb. 1: Mitgliederzahlen der GDCP bis 2022 (Angaben vor 1973 beziehen sich Tagungsteilnehmende vor Gründung der GDCP)

Die ersten beiden Zahlen sind die Tagungsteilnehmerzahlen vor Gründung der GDCP, die Klaus Weltner genannt hat. Danach fehlen uns Zahlen bzw. ich habe sie in den Tiefen der GDCP-Kisten nicht gefunden. In den achtziger Jahren waren es dann so um die 300 bis 350 Mitglieder. Mit der Wende kratzten wir dann so an den 400 Mitgliedern. Ich erinnere mich noch, dass wir jedes Jahr gehofft haben, wir würden die Marke nehmen. Der nächste Aufschwung kam dann so um 2010 mit der Zunahme der Drittmittelförderung und hält glücklicher Weise bis heute an. Trotzdem müssen wir eigentlich irgendwo an eine natürliche Grenze stoßen, denn die fachdidaktischen Bereiche sind ja kaum grenzenlos ausbaubar.

Horst: Und wir sind von der Altersstruktur her eine junge Gesellschaft – ganz anders noch als 1993. Etwa die Hälfte der Mitglieder sind jünger als 40 Jahre. Da drücken selbst wir beiden „Oldies“ den Schnitt nicht wesentlich.

Elke: Vielleicht ist die Gesellschaft heute sogar jünger als bei ihrer Gründung. Schade, dass das Prinzip auf Menschen nicht anwendbar ist. Aber für die GDCP stimmt das positiv und macht uns zuversichtlich, dass 2048 der 75. Geburtstag einer prosperierenden GDCP gefeiert wird.

Horst: Hoffentlich können wir dann noch mitfeiern.

Elke: Ich fürchte, das wird eng.

Horst: Hier auf der Bühne stehen wir dann jedenfalls nicht mehr. Elke, was ist zum Schluss Dein persönliches Resümee?

Elke: Die GDCP ist jetzt 50 Jahre alt, aber nicht in die Jahre gekommen. Sie ist von der Mitgliedschaft her mindestens so jung wie 1973. Eine Talsohle Anfang der 1990er Jahre wurde erfolgreich durchschritten, es hätte auch anders kommen können.
Chemie- und Physikdidaktik müssen – auch dank PISA – nicht mehr befürchten, aufgelöst zu werden, aber sie müssen weiter für ihre Positionen an den Universitäten, in Forschung und Lehre kämpfen, vor allem, wenn das Geld in den nächsten Jahren knapp wird. Da bin ich ganz froh, dass ich das nicht mehr leisten muss.

Horst: Ich wage statt eines Resümees mal eine Vision für die GDCP-Tagung zum 75. Geburtstag 2048:
- Die Jahrestagung findet nach Abklingen der jüngsten Virus-Epidemie wieder als Präsenzveranstaltung statt.
- Die Teilnehmerzahl ist auf über 1.000 gestiegen, es gibt inzwischen 20 Vortragsstränge.
- Digitalisierung und KI sind inzwischen weit vorangeschritten. Alle Teilnehmenden erhalten einen persönlichen Robo-Buddy, der sie zum jeweiligen Vortragsraum führt – und der ihnen aufgrund einer KI-Analyse bei der Tagungsanmeldung erklärt, warum sie sich für diesen Vortrag unbedingt interessieren. (In der Mitgliederversammlung wird daraufhin der Antrag gestellt, die Zahl der Robo-Buddys zu begrenzen.)
- Avatare sind als Vortragende nach wie vor unbeliebt. Die besten Vorträge werden vom wissenschaftlichen Nachwuchs gehalten.

- Für den Rundgang durch die Posterausstellung setzt man sich einen Datenhelm auf und bewegt sich im GDCP-Versum. (In der MV wird der Antrag gestellt, im GDCP-Versum die Poster weiter auseinanderzustellen.)
- In der Mitgliederversammlung verzweifelt eine KI an der Aufgabe, den Mitgliedern plausibel den Wahlmodus für die Vorstandswahlen zu erklären.
- Horst Schecker und Elke Sumfleth gründen den Arbeitskreis „Wissenschaftsoldies in der GDCP“.

Jeder mag für sich entscheiden, was davon eintreten möge und was besser nicht. Schlauer sind wir dann in 25 Jahren.
Elke, Du hast zu Beginn gesagt: Unser Auftrag ist: Die GDCP zu feiern, aber bloß keinen langweiligen Rückblick zu halten, aber schon einen Rückblick und auch noch einen Ausblick. Was meinst Du, haben wir das erfüllt?

Elke: Gut, es war vielleicht doch insgesamt mehr Rückblick als Ausblick – hoffentlich ein einigermaßen unterhaltsamer. Wir können halt besser zurückblicken als in die Zukunft schauen. Das sei unserem Alter geschuldet. Und bei der nächsten Feier sagen wir bestimmt „nein“ – hoffentlich.

Elke und *Horst*: Herzlichen Glückwunsch zum 50. – liebe GDCP!

Literatur

Bader, H. J. (1994). Chemiedidaktische Forschung in Deutschland – Ergebnisse, Grenzen und Chancen. In H. Behrendt (Hrsg.), .), Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der GDCP-Jahrestagung in Kiel 1993 (S. 106-126). Alsbach: Leuchtturm

Birkmann, M., Fieblinger, G., Jaisli, W., Koch, V., Loebell, G., Misslitz, D., . . . Toll, A. (1974). „Versuch erfolgreich abgeschlagen, den Physikunterricht an Bremer Gymnasien marxistisch zu unterwandern“ – Ein Bericht. In H. Dahncke (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Chemie/Physik 1973 in Göttingen, Teil 2* (S. 103-109). Hannover: Schroedel.

Dahncke, H. (1985). Probleme und Perspektiven fachdidaktischer Forschung - dargestellt aus Sicht eines Physikdidaktikers. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven; Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik und Chemie in Hannover 1984 (S. 14-39). Alsbach: Leuchtturm.

Duit, R. (1994). Empirische Forschung in der Physikdidaktik – Versuch einer Standortbestimmung. In H. Behrendt (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der GDCP-Jahrestagung in Kiel 1993 (S. 87-105). Alsbach: Leuchtturm.

Duit, R. (2007). Zum Stand der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich (S. 91-97). Berlin: Lit.

Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2013). Nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Berlin: Logos.

Labudde, P., Duit, R., Fischer, H. E., Harms, U., Mikelskis, H. F., Schecker, H., . . . Weiglhofer, H. (2009). Schwerpunkttagung "Kompetenzmodelle und Bildungsstandards: Aufgaben für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung". Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 125-152.

Kieler Nachrichten (2017). https://www.kn-online.de/politik/schloss-salzau-fuer-1-3-millionen-euro-verkauft-KHCLPANO6CCM6SIF7JWK23A7EU.html (letzter Zugriff (6.11.2023).

Schecker, H. (1982). Das Bild von den Naturwissenschaften. Ein Beitrag zur Diskussion um die Technikfeindlichkeit der Jugend. In H. Härtel (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie – Probleme und Perspektiven (S. 120-122). Alsbach: Leuchtturm.

Rode, M. & Barth, M. (2017). Quantenphysik gehört in den Physikunterricht! Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 28(162), 2-6.

Schmidt, H. (1973). Vorwort. In H. Schmidt (Hrsg.), Zur Didaktik der Chemie und Physik – Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Königstein (Taunus) September 1972. Hannover: Schroedel.

Sumfleth, E. (1990). Das Vorwissen der Schüler: Eine wesentliche Variable in Problemlöseprozessen. In K.H. Wiebel (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie (S. 89-111). Alsbach: Leuchtturm.

Sumfleth, E. (2021). In E. Brunner, H. Gasteiger, M. Grüßing, A. Heinze, S. Kuntze,A. Lindmeyer, A. Obersteiner, F. Reinhold, A. Strohmeier & S. Ufer (Hrsg.), Erlebnisse aus dem Leben einer Mathematikdidaktikprofessorin – Festschrift für Kristina Reiss

Jenna Koenen[1]
Katharina Forster[1]

[1]Technische Universität München

Bericht zur GDCP-Schwerpunkttagung 2023
Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten rückte das Thema Nachhaltigkeit immer mehr in den Fokus des öffentlichen Lebens, insbesondere durch Debatten über den Klimawandel und andere globale Krisen. Aufgrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz finden sich mittlerweile auch viele bildungspolitische Überlegungen zum schulischen Umgang mit diesem Thema (Leicht et al., 2018; Martens & Obenland, 2017). Zahlreiche Beschlüsse fordern inzwischen besonders die Integration der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in den Schul- und Hochschulkontext für eine zukunftsorientierte Bildung (Deutsche UNESCO-Kommission, 2014; KMK, 2017).

BNE steht dabei für eine Bildung, die Menschen zu zukunftsfähigem Denken und Handel befähigen soll (de Haan et al., 2008). Grundlegend für eine erfolgreiche Verankerung von BNE in alle Bildungsbereichen ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lehren und Lernen im Nachhaltigkeitskontext, insbesondere anhand von Forschungsansätzen sowie innovativen Entwicklungsprojekten. Aktuell zeigen sich in diesem Bereich insbesondere auf der Lehrebene zahlreiche Einzelinitiativen. Die Forschungsperspektive auf den Gegenstand der Bildung für nachhaltige Entwicklung ist hingegen bisher vor allem in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken relativ schwach ausgeprägt. Hinzu kommt, dass Bildung für nachhaltige Entwicklung selbstverständlich auch einen großen überfachlichen Anteil hat bzw. häufig interdisziplinär adressiert werden muss (Rieckmann, 2018). Dies birgt große Herausforderungen für die Akteurinnen und Akteure in diesem Bereich.

Zielsetzung

Es lässt sich feststellen, dass bisher der Vernetzungsgrad zwischen den unterschiedlichen Akteurinnen und Akteure zum Thema BNE, insbesondere auch in den naturwissenschaftlichen Didaktiken, bisher eher gering ist. Ziel der Schwerpunkttagung der GDCP zum Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung war es daher, unterschiedliche Projekte im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung aus Chemie- und Physikdidaktik zusammenzubringen, miteinander ins Gespräch zu kommen sowie Vernetzungsmöglichkeiten zu identifizieren.

Demzufolge wurden verschiedene einzelne Projekte präsentiert, deren Potentiale und weiterführende Fragen diskutiert sowie mögliche Synergien zwischen einzelnen Projekten und Ideen für zukünftige Kooperationen identifiziert. Hinzu kam die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses über Bildung für nachhaltige Entwicklung, die Diskussion des Verhältnisses von Fach und Überfachlichkeit in diesem Kontext sowie die Klärung der Frage, was Chemie- und Physikdidaktik in diesem Bereich vor allen Dingen leisten können und müssen.

Um diese Ziele zu erreichen trafen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer für 2,5 Tage (13.02.2023 – 15.02.2023) im Akademiezentrum Raitenhaslach der Technischen Universität München. Die Ruhe des ehemaligen Zisterzienserklosters Raitenhaslach, in der Nähe von Burghausen an der deutsch-österreichischen Grenze, lud zum intensiven Austausch ein. Das Programm war bewusst erstrangig gestaltet, so dass alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer alle

Beiträge hören konnten und ein gemeinsamer Austausch zur aktuellen Forschungs- und Projektlage möglich war. Die intensive Arbeitsatmosphäre wurde unterstützt durch viel Raum zur Diskussion im Anschluss an die Vorträge, in zwei Barcamp-Sessions mit jeweils drei Kleingruppen, einem Gallerywalk, einer gemeinsamen Wanderung sowie den Kaffeepausen und dem Mittag- bzw. Abendessen.

Plenarvortrag – eine erziehungswissenschaftliche Perspektive

Das Programm begann mit einem Plenarvortrag von Prof. Dr. Marco Rieckmann von der Universität Vechta mit dem Titel „Eine erziehungswissenschaftliche Betrachtung von Bildung für nachhaltige Entwicklung“. Marco Rieckmann gab zunächst eine kurze grundlegende Einführung in BNE. Er thematisierte die verschiedenen Strömungen der BNE, zum einen die instrumentelle, zum anderen die emanzipatorische BNE. Im Anschluss leitet er als zentrales Bildungsziel den Erwerb von nachhaltigkeitsrelevanten Schlüsselkompetenzen ab. In diesem Zusammenhang thematisierte er auch die Gestaltungskompetenz nach de Haan at al. (2008), den Orientierungsrahmen der KMK (BMZ, 2015) sowie die Nachhaltigkeitskompetenzen nach Brundiers et al. (2021). Insgesamt verfolgte Herr Rieckmann aus seiner Perspektiver als Erziehungswissenschaftler den Ansatz der Überfachlichkeit von BNE, versuchte aber in Ansätzen das Verhältnis von Fach und Überfachlichkeit im Kontext von BNE zu diskutieren. Abschließend behandelte er die aktuellen zentralen Ansätze zur Untersuchung der Kompetenzentwicklung der Lehrkräfte und stelle erste Kompetenzmodelle vor (bspw. Millican, 2022; Rauch & Steiner, 2013).

Dieser Plenarvortrag stellte einen sehr guten Einstieg in die Tagung dar, indem er die zentralen Grundlagen der aktuellen Forschung zu BNE darstellte und die erziehungswissenschaftliche Perspektive zur intensiven Diskussion über die Bedeutung von BNE im schulischen Kontext und das Verhältnis zum Fach und seinen Didaktiken ermöglichte.

Vorträge – Übersicht über aktuelle Projekte der Community zur BNE

Im Anschluss an den Plenarvortrag fanden die ersten angemeldeten Vorträge der Teilnehmenden statt. Insgesamt gab es 16 Beiträge von 9 verschiedenen Standorten. Diese gaben einen sehr interessanten Einblick in die aktuellen Projekte zur BNE innerhalb der Chemie- und Physikdidaktik. Vorgestellt wurden sowohl Entwicklungs- als auch Forschungsprojekte in verschiedenen Stadien. Auf eine detaillierte Beschreibung aller Beiträge wird an dieser Stelle verzichtet. Die Beiträge lassen sich jedoch verschiedenen Leitlinien zuordnen, die aktuelle Stränge der Projekte zu BNE zusammenfassen und beschreiben.

a) Beschreibung von Modellen zur Nachhaltigkeitsbildung
b) Fähigkeiten und Vorstellungen von Studierenden, Lehrkräften und SuS zur BNE
c) Untersuchung bestehender Unterrichtsmaterialien (bspw. Schulbücher) und Curricula bezüglich der Eignung zur Vermittlung von BNE und möglicher Anknüpfungspunkte
d) Gestaltung und Evaluation von Schüler:innenlaboren oder außerschulischen Lernorten und Unterrichtsangeboten

Die Vorträge boten viele Einblicke in aktuelle Überlegungen zur BNE und waren durchweg so gestaltet, dass sie zu sehr anregenden und konstruktiven Diskussionen einluden. Diese wurden nicht nur in Anschluss an die Vorträge geführt, sondern auch in den sogenannten Barcamps weitergeführt. Dabei handelt es sich um eine Art Workshopformat deren Themen allerdings aus der Gruppe der Teilnehmerinnen und Teilnehmer heraus generiert werden. Auf

Wunsch der Gruppe ergaben sich auf Grundlagen der Diskussionen drei übergeordnete Themen bzw. Fragestellungen, die in Kleingruppen genauer diskutiert wurden.

1) Was ist BNE für uns in der Community?
2) Welche Anforderungen müssen BNE-Lehr-Lern-Situationen erfüllen? Bzw. welche Anforderungen/Aspekte müssen gegeben sein, damit man von BNE-Lehr-Lern-Situationen sprechen kann?
3) Fachlichkeit vs. Überfachlichkeit? – Was haben wir schon und was brauchen wir?

Nach zwei intensiven Workshopphasen, wurden die Ergebnisse im Plenum vorgestellt und diskutiert. Die zentralen stark zusammengefassten Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Barcamp 1 – Was ist BNE?

Im Rahmen der Diskussion wurde sehr schnell herausgearbeitet, dass die eigentliche Frage nicht die Frage nach der Definition von BNE ist, da es hier sehr gute bereits bestehende Definitionen gibt, die in der Regel herangezogen werden (u.a. de Haan et al., 2008; Rieckmann, 2018) und auch in der fachdidaktischen Community genutzt werden. Vielmehr stand die Frage im Fokus, wie BNE sich bestmöglich umsetzen lässt, bzw. auch die Frage, was eigentlich nicht BNE ist. Hier stand vor allen Dingen im Vordergrund, dass der Chemie- und Physikunterricht schon sehr viele Dinge leistet, die auch für BNE relevant sind. Als Beispiele wären Nature of Science, Argumentieren, kritisches Denken, aber auch Fachwissen, zu nennen. Hinzukommen jedoch weitere Aspekte, wie die Notwendigkeit mit Komplexität und Dynamik umzugehen. Diskutiert wurden auch Ideen eines BNE-Dachs für den Unterricht oder eines Spiralcurriculums für BNE, so dass auf spezifische Aspekte im Verlaufe der Schulzeit immer wieder aufgebaut bzw. zurückgegriffen wird.

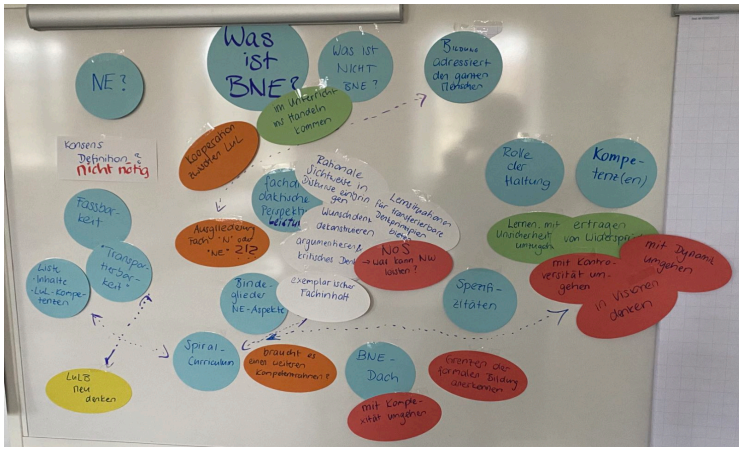


Abb.1. Ergebnis des Barcamps – Was ist BNE?

Barcamp 2 – Kennzeichen von BNE-Lehr-Lern-Situationen

In der Gruppe wurden die Anforderungen an Lehr-Lern-Situationen unter verschiedenen Aspekten diskutiert: Komplexität und Anforderungen, BNE als eigener Unterrichtsinhalt, Gesamt-BNE-Konzepte für die Schule sowie die Anforderungen an die Lehrkräfte. Im Allgemeinen werden BNE-Lehr-Lern-Situationen (im Folgenden BNE-LLS) als sehr komplex wahrgenommen. Sie sollten fachliche, ethische, soziale, emotional situierte und zukunftsorientierte Perspektiven eröffnen, die kontrovers und perspektivenreich betrachtet

und diskutiert werden können. Dazu sind insbesondere solche Situationen geeignet, die ein Dilemma beinhalten. Ziel sollte es sein, Optionen aufzuzeigen und zu verdeutlichen wie komplex und vernetzt manche Nachhaltigkeitsfragen und Entscheidungen sind. Um diese Anforderungen in einem auf verschiedene Fächer anwendbaren Kontext umsetzen zu können, braucht es Kontexte, die Nachhaltigkeit multiperspektiv und angemessen ansprechen, so dass der Unterricht im jeweiligen Fach an diesen Fragen orientiert und sinnvoll (für die Fachinhalte und BNE) umgesetzt werden kann. Dieses „Unterrichtskonzept“ wurde mit dem Arbeitstitel „NiKo- Nachhaltigkeit im Kontext“ getauft. Aufgrund der Komplexität die solchen BNE-LLS innewohnt, wurde auch die Idee von geeigneten „Vorstufen“ diskutiert, die weniger komplex, perspektivenreich oder verknüpft sind und ggf. nur einen Aspekt adressieren. BNE sollte aktiv in den Mittelpunkt des Unterrichts gesetzt werden, um SuS dazu zu befähigen sich Gedanken über das Thema und die verschiedenen Ansichtspunkte/Facetten zu machen, auch unabhängig von einem spezifischen Fachinhalt. Diskutiert wurden auch Ansätze jedes Fach (Biologie, Geografie, Politik, Sozialkunde, Chemie, Physik, …) in eine gesamtgesellschaftliche Struktur bzw. Kontext einzubetten, die Einführung eines eigenen Schulfachs zur Nachhaltigkeit oder die Entwicklung eines BNE-Konzeptes für die Schule als Institution.

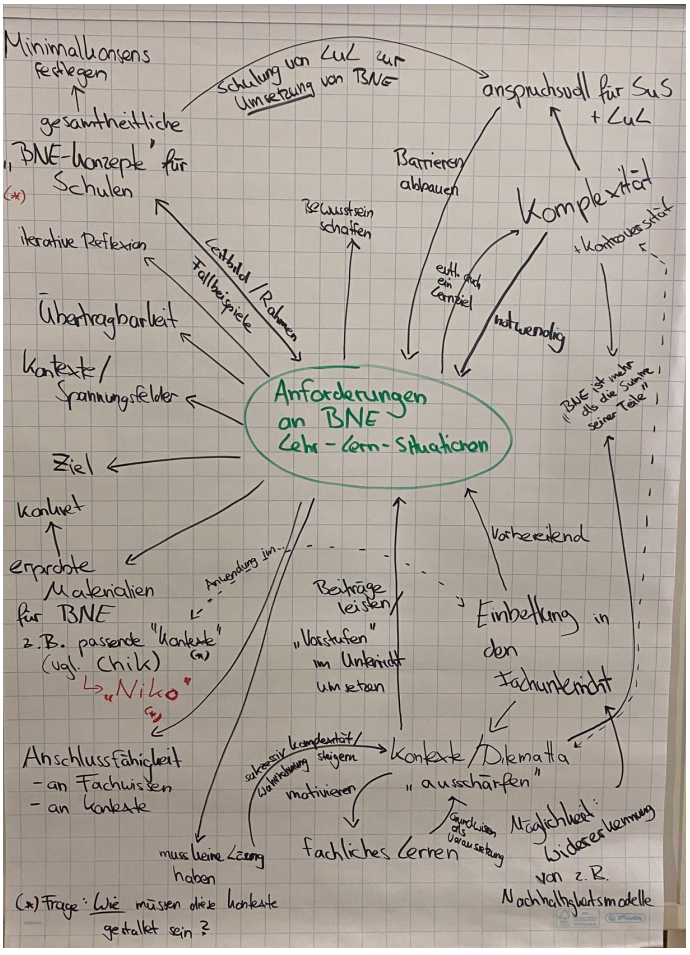


Abb. 2. Ergebnis des Barcamps – Kennzeichen von BNE Lehr-Lern-Situationen

Barcamp 3 – Das Verhältnis von Fachlichkeit und Überfachlichkeit
Zusätzlich zur Frage des Verhältnisses von Fachlichkeit und Überfachlichkeit wurde die Frage der Umsetzung von BNE in der Schule diskutiert. Insgesamt zeigte sich, dass die Unterstützung der Fachdidaktiken als notwendig erachtet wurde, um BNE erfolgreich zu vermitteln. Problematisch wurde allerdings hervorgehoben, dass sich häufig kein Fach für die Vermittlung von BNE zuständig fühle und daher die häufige Vernachlässigung rührt. Um eine Zugänglichkeit in die Schule zu gewährleisten sollte an nutzbare bereits vorhandene und funktionierende Inhalte und Strukturen angesetzt werden. In dieser Gruppe wurde zur Implementierung eine Strukturierung an den Kernpunkten Inhalt (des Unterrichts), Kontext sowie Haltung und Perspektive (in Bezug auf BNE) vorgeschlagen. Bezüglich der Frage von Fach und Überfachlichkeit stand insbesondere die Notwendigkeit der Herausarbeitung des Mehrwertes der Behandlung von BNE im Unterricht im Fokus, um die Lehrkräfte für diese Thematik zu gewinnen. Kritisch aufgeworfen wurde auch die Frage der Wertevermittlung, jedoch nicht abschließend diskutiert.

Abb. 3. Ergebnis des Barcamps – Das Verhältnis von Fachlichkeit und Überfachlichkeit

Fazit und Ausblick
Insgesamt waren es drei sehr intensive, diskussionsreiche und fruchtbare Tage. Es zeigte sich sehr schnell, dass es in der chemie- und physikdidaktischen Community bereits sehr viele gute Ansätze und Überlegungen zur BNE gibt. Außerdem traten sehr häufig dieselben Fragestellungen und Desiderate auf, dies zeigte sich insbesondere auch im abschließenden Diskussionsplenum zu den Barcamps. Immer wieder trat beispielsweise das Thema der Werte und Wertevermittlung auf. Hier wurde insbesondere das Spannungsfeld zwischen der Wissens- und Kompetenzvermittlung, um Schülerinnen und Schüler zur eigenen Entscheidungsfindung zu bemächtigen ohne Werte vorzuschreiben, und der Wertevermittlung, um gewünschtes Verhalten im Sinne der Nachhaltigkeit zu initiieren, diskutiert.

Diese und ähnliche gemeinsame Fragestellungen konnten identifiziert werden und sollen zukünftig weiter in verschiedenen Formaten bearbeitet werden. So gab es bereits ein online-Nachtreffen zur Tagung und einen gemeinsamen Workshop im Rahmen der Jahrestagung 2023 (s. Beitrag in diesem Band). Jeder ist herzlich eingeladen sich an der anhaltenden Diskussion zu beteiligen.

Abschließend möchten wir uns bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern für die vielen Beiträge und die sehr engagierten Diskussionen bedanken, ohne die diese Schwerpunkttagung mit Sicherheit nicht so reichhaltig gewesen wäre. Wir bedanken uns auch bei der GDCP für die Unterstützung in der Organisation und der Technischen Universität München für die finanzielle Förderung.

Literatur

Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., Zint, M. (2021): Key competencies in sustainability in higher education – toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science,* 16, 13–29.

de Haan, G. et al. (Hrsg.) (2008): *Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit. Grundlagen und schulpraktische Konsequenzen*. Berlin, Heidelberg.

Deutsche UNESCO-Kommission (2014). *UNESCO-Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms „Bildung für nachhaltige Entwicklung“*. Bonn: DUK.

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2015): *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. (aktualisierte und erweiterte) Auflage. Engagement Global, Bonn, http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2017). *Zur Situation und zu Perspektiver der Bildung für nachhaltige Entwicklung*: Bericht der Kultusministerkonferenz vom 17.03.2017. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_03_17-Bericht-BNE-2017.pdf

Leicht, A., Combes, B., Byun, W. J. & Agbedahin, A. V. (2018). *From Agenda 21 to Target 4.7: the development of ESD.* In United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Hrsg.), Issues and trends in Education for Sustainable Development (S. 25–38).

Martens, J. & Obenland, W. (2017). *Die Agenda 2030: Globale Zukunftsziele für nachhaltige Entwicklung* [Vollständig aktualisierte und überarbeitete Neuauflage]. https://www.globalpolicy.org/sites/default/files/Agenda_2030_online.pdf

Millican, R. (2022). *A Rounder Sense of Purpose: Competences for Educators in Search of Transformation*. In P. Vare, N. Lausselet & M. Rieckmann (Hrsg.), Competences in Education for Sustainable Development. Critical Perspectives (S. 35–43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91055-6_5

Rauch, F. & Steiner, R. (2013). Competences for education for sustainable development in teacher education. *CEPS Journal*, *3*, 9–24.

Rieckmann, M. (2018). *Learning to transform the world: key competencies in ESD*. In United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Hrsg.), Issues and trends in Education for Sustainable Development (S. 39–59).

Benjamin Heinitz[1]
Friederike Korneck[2]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2]Goethe-Universität Frankfurt

VirtU-net
Haben wir das gleiche Verständnis von Unterrichtqualität?

Theoretische Grundlagen – Beurteilung naturwissenschaftlicher Unterrichtsqualität

Die Beurteilung von Unterrichtsqualität nimmt in der generischen und fachspezifischen Unterrichtsforschung eine zentrale Rolle ein. In unterschiedlichen Studien hat sich gezeigt, dass eine hohe Unterrichtsqualität prädikativ für Lernzuwächsen ist (z.B. Kyriakides, Christoforou & Charalambous, 2013). Besonders fachspezifische Kriterien haben dabei einen großen Einfluss auf Lernzuwächse (Seidel & Shavelson, 2007). In Abhängigkeit von der jeweiligen Untersuchung werden häufig unterschiedliche Operationalisierungen verwendet. Diese führen insbesondere bei fachspezifischen Ansätzen zur Verwendung unterschiedlicher Indikatoren, um die Ausprägung dieser Merkmale abzuleiten. Diese fachspezifischen Indikatoren können jedoch über ihre theoretische Grundlage zusammengeführt werden (Heinitz, Szogs, Förtsch, Korneck, Neuhaus & Nehring, 2022).

Bei der Beurteilung von Unterrichtsqualität können verschiedene Schwierigkeiten auftreten. Die Verwendung unterschiedlicher Merkmale oder Instrumente führt zu einer Varianz (Brunner, 2018), abhängig von der Perspektive können einzelne Merkmale nur schwer zugänglich sein (Fauth, Göllner, Lenske, Praetorius & Wagner, 2020) und implizite Theorien über guten Unterricht können die Auswahl und Interpretation von Qualitätsmerkmalen beeinflussen (Praetorius, Lenske & Helmke, 2012; Taut & Rakoczy, 2016).

In der Ausbildung angehender Lehrkräfte muss eine gezielte Beurteilung der Unterrichtsqualität trainiert werden, um möglichen Schwierigkeiten entgegenzuwirken. Dafür sollte theoretisches Wissen mit konkreten Unterrichtssituationen verknüpft werden, was als professionellen Unterrichtswahrnehmung bezeichnet wird und mit Videovignetten trainiert werden kann (z. B. Sherin & van Es, 2009). Dabei wird auch von einem *knowledge-based reasoning* gesprochen (Sherin, 2001). Die professionelle Unterrichtswahrnehmung kann fachspezifische Ausprägungen haben (z.B. Steffensky, Gold, Holdynski & Möller, 2015) und wird als situationsspezifische Kompetenz beschrieben (Blömeke, Gustafsson & Shavelson 2015).

Es hat sich gezeigt, dass die professionelle Unterrichtswahrnehmung ein wichtiger Mediator zwischen dem Wissen von Lehrkräften und dem Lernerfolg der Schüler*innen ist (Blömeke, Jentsch, Ross, Kaiser & König, 2022). Videovignetten werden häufig in der universitären Ausbildung genutzt, um die professionelle Unterrichtswahrnehmung angehender Lehrkräfte zu trainieren (Blomberg, Renkl, Sherin, Borko & Seidel, 2013). Deutschlandweit gibt es ein breites (web-basiertes) Angebot für die Lehrkräftebildung (z.B. Junker, Zucker, Oellers, Rauterberg, Konjer, Meschede & Holodynski, 2022).

VirtU-net Chemie – Unterrichtsqualität im Chemieunterricht

Das web-basierte Angebot für die Lehrkräftebildung wird durch die neue Videoplattform „VirtU-net Chemie“ der Leibniz Universität Hannover ergänzt, die das Ziel einer stärkeren Vernetzung der ersten und zweiten Phase der Lehrkräftebildung verfolgt. Dafür werden dieselben Videovignetten mit unterschiedlichen Aufgaben wiederholt eingesetzt. Die

Aufgaben weisen einen stetig zunehmenden Praxisbezug auf, sodass sie an den jeweiligen Bedarf des Ausbildungsstandes angepasst sind. Dabei beziehen sie sich auf dieselbe theoretische Grundlage, um schrittweise ein gemeinsames Verständnis der Unterrichtsqualität zu etablieren. Durch die Verwendung von Videovignetten wird das theoretische Wissen frühzeitig mit konkreten Unterrichtssituationen verknüpft und kann später einfacher auf unbekannte Situationen übertragen werden. Als Grundlage wird das *Science Education Perspectives* (SEP)-Framework (Heinitz & Nehring, 2023) verwendet, das eine fachspezifische Operationalisierung der Unterrichtsqualität bietet und gleichzeitig über den generischen Bezugsrahmen zum Syntheseframework anschlussfähig an andere Instrumente der Unterrichtsqualitätsbeurteilung bleibt (Praetorius, Herrmann, Gerlach, Zülsdorf-Kersting, Heinitz & Nehring, 2020). Das SEP-Framework umfasst sieben Dimensionen der Unterrichtsqualität, die wiederum durch 50 Merkmale weiter ausdifferenziert sind. Die Plattform bietet Videovignetten zu unterschiedlichen Themen des Chemieunterrichts an (z.B. „Chemische Reaktion“ oder „Arbeiten mit Modellen“). Zu jeder Vignette werden theoretische Inhalte benannt, die eine notwendige Voraussetzung für die Beurteilung darstellen. Die Aufgaben sind so gestellt, dass sie zur Vorbereitung (Bezug zum fachlichen und fachdidaktischen Wissen) oder zum Training der professionellen Unterrichtswahrnehmung genutzt werden können. Zu jeder Vignette wird außerdem eine manualbasierte Kodierung angeboten, die Unterrichtssituationen mit Merkmalen der Unterrichtsqualität aus dem SEP-Framework verknüpft.

Zielstellung des Workshops

Die Wahrnehmung der Unterrichtsqualität weist in der zweiten Phase der Lehrkräftebildung teilweise starke Differenzen auf (Heinitz & Nehring, 2023). Diese lassen sich sowohl innerhalb, als auch zwischen den Gruppen der Fachseminarleiter*innen und Referendar*innen finden. Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, inwiefern eine vergleichbare Ausbildung in der Lehrkräftebildung stattfinden kann, wenn das Verständnis und die Beurteilung der Unterrichtsqualität häufig nicht direkt vergleichbar sind. VirtU-net Chemie ist als Trainingsgelegenheit für angehende Lehrkräfte, sowie deren Fachseminarleiter*innen und Dozierenden zur kriterienorientierten Entwicklung der professionellen Unterrichtswahrnehmung konzipiert und sollte im Rahmen des Workshops erprobt werden. Daraus hat sich für den Workshop mit Vertreter*innen der Naturwissenschaftsdidaktiken eine zentrale Fragestellung ergeben: *Worin besteht ein gemeinsames Verständnis von Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften?*

Ablauf

Um diese Fragestellung zu beantworten, wurde im Rahmen des Workshops die Unterrichtsqualität einer Videovignette beurteilt und dazu in drei Phasen Arbeitsaufträge durchgeführt. Die erste Phase startete mit einer Einzelarbeit zur freien Beurteilung der Unterrichtsqualität einer in sechs Abschnitte (von je ca. 30 Sekunden Länge) unterteilten Vignette. Die Beurteilung erfolgte auf Basis des individuellen Vorwissens der Teilnehmenden, ohne die Vorgabe von Merkmalen. Für eine anschließende Diskussion im Plenum sollte pro Vignettenabschnitt jeweils der wichtigste Qualitätsaspekt in ein gemeinsames Dokument übertragen werden.

Die zweite Phase sollte die individuellen Vorerfahrungen und zugrundeliegende Theorien zur Unterrichtsqualität zur Diskussion bringen. Dazu wurde exemplarisch das SEP-Framework und hier speziell die Dimension der kognitiven Aktivierung ausgewählt. In einer

Gruppenarbeit sollten die Merkmale der ersten Arbeitsphase dem SEP-Framework zugeordnet werden, sofern eine Entsprechung im Framework gefunden werden konnte.
Die dritte Phase enthielt eine Gegenüberstellung der eigenen Beurteilungen mit der manualbasierten Beurteilung der Vignette, wie sie auf VirtU-net Chemie zu finden ist. Diese Gegenüberstellung wurde im Rahmen des Workshops von vielen Gruppen als Anlass genommen, die Vignette mit Hilfe der Merkmale des Frameworks noch einmal neu zu beurteilen. Eine abschließende Präsentation der Gruppenergebnisse aus der zweiten und dritten Phase im Plenum leitete in die Diskussionsfragen nach einem gemeinsamen Verständnis der Unterrichtsqualität über.

Erträge des Workshops

Zusammengefasst lassen sich einige Punkte aus den Ergebnissen der Gruppenarbeit und der Diskussion herausstellen, um die zentrale Fragestellung zu beantworten.

1. Phase: Es hat sich gezeigt, dass Unterschiede in der Beurteilung auftraten. Die Merkmale der Unterrichtsqualität, die zur Beurteilung genutzt wurden, unterschieden sich dabei nicht nur in ihrer Schwerpunktsetzung, sondern auch in ihrer Abstraktion. Teilweise wurde relativ breite Konstrukte benannt, wie z.B. „kognitive Aktivierung“, an anderer Stelle wurden stärker ausdifferenzierte Merkmale wie z.B. „Anknüpfung an Schüler*innenvorstellungen“ genannt, die fachspezifisch ausgelegt sind.

Hieraus lässt sich insgesamt eine Varianz in der Beurteilung durch die Teilnehmenden herausstellen, die auf ein individuelles Verständnis der Unterrichtsqualität hindeutet.

2. Phase: Einige der Merkmale aus der ersten Phase wurden durch die Gruppen verortet. Viele davon wurden aber auch nicht als Teil der kognitiven Aktivierung, wie sie durch das Framework definiert ist, eingeordnet.

Da der Fokus auf die kognitive Aktivierung im Vorfeld nicht bekanntgegeben wurde, ist dieses Ergebnis nicht überraschend gewesen. Es zeigt sich aber auch hier noch einmal, dass eine individuelle Schwerpunktsetzung bei der Betrachtung der Vignette vorlag. Aus der Diskussion gingen teilweise Unterschiede in der Interpretation der Merkmale hervor.

3. Phase: Obwohl kaum direkte Vergleiche zwischen der eigenen Beurteilung und der Beispielkodierung durchgeführt wurden, zeigten sich in der Anwendung des Frameworks auf die Vignette Unterschiede zwischen den Gruppen. Es wurden unterschiedlich viele Merkmale gefunden und teilweise unterschieden sich die Indikatoren, an denen die Ausprägungen der Merkmale festgemacht wurden. Aber auch einige Gemeinsamkeiten konnten herausgearbeitet und später bei der Diskussion aufgegriffen werden.

Ohne explizites Training hat die Bewertung mit Hilfe des SEP-Frameworks zu wenig eindeutigen Ergebnissen geführt. Dennoch bot das Framework einen gemeinsamen Bezugspunkt für die Diskussion und hat dazu geführt, dass unterschiedliche Perspektiven, die bereits zuvor vorlagen, explizit geäußert und miteinander in Beziehung gesetzt werden konnten. An vielen Stellen hat sich zudem gezeigt, dass viele der Beurteilungen kontextbezogen waren.
Die Frage „*Worin besteht ein gemeinsames Verständnis von Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften?“* konnte im Rahmen des Workshops nicht abschließend beantwortet werden. Die Diskussion hat jedoch verdeutlicht, dass wir unterschiedliche Perspektiven zusammenführen können, wenn wir einen gemeinsamen theoretischen Bezugspunkt nutzen. Dieses Ergebnis wirft die Folgefrage auf, inwiefern Standards festgelegt werden sollten, die sowohl die Ausbildung von angehenden Lehrkräften stärker vereinheitlichen und zugleich die fachdidaktische Forschung zur Unterrichtsqualität stärker miteinander vernetzen können.

Danksagung
Wir danken allen Teilnehmenden des Workshops für den umfassenden kollegialen Austausch zu einem gemeinsamen Verständnis der Unterrichtsqualität und die vielen Anregungen zur Weiterarbeit.

Literatur

Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, G., Borko, H., & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. Journal for Educational Research , 90–114.

Blömeke, S., Gustafsson, J. E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. In Zeitschrift fur Psychologie / Journal of Psychology (Vol. 223, Issue 1, pp. 3–13). Hogrefe Publishing. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Blömeke, S., Jentsch, A., Ross, N., Kaiser, G., & König, J. (2022). Opening up the black box: Teacher competence, instructional quality, and students' learning progress. Learning and Instruction, 79. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101600

Brunner, E. Qualität von Mathematikunterricht: Eine Frage der Perspektive. J Math Didakt 39, 257–284 (2018). https://doi.org/10.1007/s13138-017-0122-z

Fauth, B., Göllner, R., Lenske, G., Praetorius, A.-K., & Wagner, W. (2020). Who sees what? Conceptual considerations on the measurement of teaching quality from different perspectives. Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft, 66, 138-155.

Heinitz, B., Szogs, M., Förtsch, C., Korneck, F., Neuhaus, B. J., & Nehring, A. (2022). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften. Eine vergleichende Gegenüberstellung von Ansätzen zwischen Fachspezifik und Generik. Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften, 28(1), 10. https://doi.org/10.1007/s40573-022-00146-5

Heinitz, B., & Nehring, A. (2023). Instructional quality in science teacher education: comparing evaluations by chemistry pre-service teachers and their advisors. International Journal of Science Education. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.221338

Junker, R., Zucker, V., Oellers, M., Rauterberg, T., Konjer, S., Meschede, N., & Holodynski, M. (2022). Lehren und Forschen mit Videos in der Lehrkräftebildung. Waxmann.

Kyriakides, L., Christoforou, C., & Charalambous, C. Y. (2013). What matters for student learning outcomes: A meta-analysis of studies exploring factors of effective teaching. Teaching and Teacher Education, 36, 143–152. https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.07.010

Praetorius, A. K., Lenske, G., & Helmke, A. (2012). Observer ratings of instructional quality: Do they fulfill what they promise? Learning and Instruction, 22(6), 387–400. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.03.002

Praetorius, A. K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B., & Nehring, A. (2020). Teaching quality in different subject matters in German-speaking countries—Inbetween genericness and subject-specificity. Unterrichtswissenschaft, 48(3), 409–446. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8

Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. Review of Educational Research, 77(4), 454–499. https://doi.org/10.3102/0034654307310317

Sherin, M. G. (2001). Developing a professional vision of classroom events: Teaching elementary school mathematics. In T. Wood, B. Nelson, & S. Warfield (Eds.), Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics (pp. 75–93). Erlbaum

Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. Journal of Teacher Education, 60(1). https://doi.org/10.1177/0022487108328155

Steffensky, M., Gold, B., Holdynski, M., & Möller, K. (2015). Professional Vision of Classroom Management and Learning Support in Science Classrooms—Does Professional Vision Differ Across General and Content-Specific Classroom Interactions? International Journal of Science and Mathematics Education, 13(2), 351–368. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9607-0

Taut, S., & Rakoczy, K. (2016). Observing instructional quality in the context of school evaluation. Learning and Instruction, 46, 45–60. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.08.003

Markus Prechtl[1]
Kai Bliesmer[2]
Stefanie Rinaldi[3]
Markus Wilhelm[3]
Jenna Koenen[4]
Katharina Forster[4]

[1]Technische Universität Darmstadt
[2]Universität Oldenburg
[3]Pädagogische Hochschule Luzern
[4]Technische Universität München

Auf dem Weg zu einer Nachhaltigkeitsdidaktik? Ein Bericht über die Bildung eines Netzwerks

Zu Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) existieren in den NaWi-Didaktiken vielfältige Zielvorstellungen, Konzeptideen und Praxisbeispiele. Um den Status quo bezüglich BNE erfassen und Akteur:innen einander bekannt machen zu können, organisierte der Arbeitskreis Koenen im Februar 2023 eine GDCP-Schwerpunkttagung zu BNE. Auf die zufriedenstellende Vernetzung und Diskussion folgten die Bildung einer Lenkungsgruppe sowie ein weiteres Online-Meeting mit inhaltlichem Austausch, gefolgt von dem mit Nachdruck geteilten Wunsch, im Rahmen der GDCP-Jahrestagung in Hamburg erneut zusammenzufinden. Intendiert wurde der Aufbau eines Netzwerks zu BNE-Perspektiven und -Spannungsfeldern in der Chemiedidaktik/Physikdidaktik. Perspektivisch sollen gesellschaftswissenschaftliche Überlegungen in das Netzwerk einfließen, um der Interdisziplinarität von Themen der Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Im GDCP-Workshop wurden Verortungskonzepte von BNE im Kontext dieser Didaktiken sowie Potenziale und Grenzen von Interdisziplinarität zur Diskussion gestellt. Zudem wurde ausgelotet, wie der Beitrag der Physik-/Chemiedidaktik zu einer potenziellen Nachhaltigkeitsdidaktik aussehen könnte. Der Beitrag berichtet über die Genese und Inhalte des Workshops.

Ausgangslage: Es ist allerhöchste Zeit für BNE

Das ‚Behältnis' BNE ist in den Kerncurricula der Länder fest verankert und wird von Kolleg:innen an (Hoch-)Schulen mit sinnstiftenden Inhalten, insbesondere zum Klimawandel, gefüllt (UNEP, 2019). Davon zeugen beispielhaft ein Review zu BNE-Kompetenzen in der Lehrkräftebildung (Forster & Koenen, 2022) und Titel praxisorientierter Fachzeitschriften (Klimabildung, UC 191/2022; Klimawandel, UP 183/2021; Nachhaltigkeit, UC 172/2019). Damit wird ein Schlüsselthema der Jugend (Albert et al., 2019) adressiert; wobei es eigentlich nicht korrekt ist, von ‚der Jugend' zu sprechen, da Jugendliche gerade hinsichtlich ihres Vorwissens über und Bewusstseins in Bezug auf den Klimawandel eine heterogene Gruppe darstellen. So wurden österreichische und deutsche Jugendliche, auf der Grundlage einer umfangreichen Befragung (Kuthe et al., 2019), nach Typen differenziert: Die ‚Distanzierten' (25 %) haben wenig Vorwissen und kaum Wille zum Umwelthandeln. Auch die ‚Paralysierten' (14 %) äußern kein klimafreundliches Verhalten, dies allerdings aus ihrem Gefühl der Hilflosigkeit heraus und aus Mangel an den Glauben daran, das eigene Handeln könne etwas bewirken. Im Vergleich dazu verfügen die ‚Gemeinnützigen' (40 %) über gute Kenntnisse und agieren klimafreundlich. ‚Besorgte Aktivist:innen' (21 %) sehen sich in der Rolle, eine klimafreundliche Gesellschaft zu schaffen; bei ihnen ist das Vorwissen weniger ausprägt als bei Gemeinnützigen. Jede Gruppe – genau genommen: jedes Individuum einer dieser Gruppen – bedarf binnendifferenzierter Bildungsmaßnahmen. Diese reichen von Information, über Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung bis hin zur Vernetzung (Kuthe

et al., 2019). Sie betreffen die Ausbildung eines Motivs, einer Absicht (Intention), einer Konkretisierung dieser Absicht (Volition) für Umwelthandeln. Sie erfordern didaktische Rekonstruktionen von fachbezogenen Sachstrukturen mit Blick auf Lernendenvorstellungen (Bliesmer & Komorek, 2023), geeignete Werkzeuge für Visualisierungen komplexer Systeme (z.B. Meadows, 2019; Aubrecht et al., 2019), innovative Schulexperimente, Modelle, sinnstiftende Kontexte etc. – und nicht zuletzt eine gemeinsame Verständigung darüber, was wir meinen, wenn wir von Bildung, Nachhaltigkeit, Gestaltungskompetenz, Umwelthandeln oder Kontext sprechen. All dies sind Aufgaben, deren Lösung ohne die Beteiligung von Fachdidaktiken undenkbar sind. BNE bedarf also einer fachdidaktischen Auseinandersetzung.

Genese des Netzwerks (I) – BNE-Schwerpunkttagung in Raitenhaslach

Bereits beim Auftakt stellten wir fest, dass wir keine klare, gemeinsam geteilte Definition von BNE haben (können). Hilfreich erschien uns in diesem Zusammenhang der Vorschlag Kai Bliesmers, den Terminus ‚Lesart' zu verwenden, um Charakteristika von BNE anhand von Literaturquellen oder uns vertrauten Lehr-Lern-Situationen herausarbeiten zu können. Für viele Teilnehmer:innen zählten hierzu erstens die Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales (Pufé, 2012), die Mehrperspektivität ausdrücken und an denen sich Zielkonflikte und Ambiguitäten festmachen lassen, zweitens die Orientierung an überzeitlichen Schlüsselthemen (z.B. Künzli David & Bertschy, 2013; Ladenthin, 2004) und drittens Rekurse auf die Sustainable Development Goals (UN, 2015). In diesem Zusammenhang wurde wiederholt die Rolle der Fach(didaktik)perspektive erörtert, die eine Grundlage für Mehrperspektivität bildet, dabei Diskussionen Substanz verleiht, selbstkritisch Limitationen der eigenen Fachperspektive auf BNE eruiert und konstruktiv damit umgeht; einzelne Fachperspektiven erscheinen zwar notwendig für BNE, nicht jedoch hinreichend. In diesem Zusammenhang wurde die Kontextstrukturierung (Nawrath, 2010) als ein viabler Weg zur Anbahnung von BNE erörtert, da sich an einem geeigneten Kontext unterschiedliche Fachperspektiven thematisieren und vernetzen lassen, wodurch die für BNE notwendige Interdisziplinarität realisiert werden kann. Dabei befruchten sich Nachhaltigkeitskontexte und Fachperspektiven gegenseitig, wodurch sich systematische und systemische Sichtweisen, unter Ausbildung füreinander wertvoller Korrektive, vernetzen.

Genese des Netzwerks (II) – BNE-Online-Workshop

Aufbauend auf diesen ersten Diskussionen konzentrierten wir uns in dem Online-Workshop auf die kontinuierliche Entwicklung und Strukturierung unseres Netzwerks. Dabei legten wir den Fokus auf die Analyse bisheriger Projekte und die Ableitung von Strukturierungs- bzw. Clustermöglichkeiten. Dies erfolgte auf Grundlage verschiedener Kriterien wie beispielsweise Inhalt, Methodik, Zielgruppe, Art der Forschung sowie Verknüpfung der einzelnen Projekte mit den Sustainable Development Goals. Als Ergebnis entstand ein interaktives Miro-Board, das dazu dient, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Projekten hervorzuheben und systematisch zu analysieren. Die Projekte zeigten eine erhebliche Vielfalt in Bezug auf die Strukturierungskriterien wie Lernorte und Zielgruppen auf, was die Komplexität und den Facettenreichtum der BNE widerspiegelt. Daran lassen sich Parallelen zu grundlegenden fachdidaktischen Diskussionen festmachen, z.B. wie man eine Aufgabe gestaltet, die einer BNE gerecht wird. Zudem wurde deutlich, dass sich hinter dem Schlagwort Lehrkräftebildung vielfältige Angebote mit Unterschieden in Inhalt und Ausrichtung verbergen. In Bezug auf Gemeinsamkeiten konnten wir feststellen, dass die Projekte eine mittelfristige Ausrichtung und eine Fokussierung auf Forschung haben, die das Ziel verfolgen, Bildungskonzepte

weiterzuentwickeln. An der Universität Oldenburg erarbeiten Kolleg:innen und Studierende aus mehreren Disziplinen in dem Modul ‚Energie und Klima interdisziplinär' fachspezifische Perspektiven auf den Kontext Energie und Klima und vernetzen diese anschließend in Übungen und auf Exkursionen (Bliesmer, Tischer & Komorek, *im Druck*). An der TU Darmstadt organisieren angeleitete Lehramtsstudierende BNE-Fortbildungen für Lehrkräfte und vernetzen somit universitäre Lehre und Schulpraxis (Ibraj, Legscha & Prechtl, *im Druck*).

Genese des Netzwerks (III) – BNE-Workshop im Rahmen der GDCP-Jahrestagung

Phase 1 – Brainstorming und Bestandsaufnahme

Zu Beginn des Workshops stellten wir erfreut fest, dass die Anzahl der Neuzugänge deutlich zugenommen hatte. Um die Interessen und die Arbeitsschwerpunkte der Teilnehmer:innen angemessen berücksichtigen und, darauf aufbauend, Vernetzungen bezüglich BNE anbahnen zu können, baten wir die Teilnehmer:innen darum, sich auf unser Aufgabenformat ‚Thinking slow – Thinking fast' einzulassen. Eine erste Phase des Brainstormings in Kleingruppen mit Clusterbildung an Postern mit ‚Museumsgang' erbrachte eine Zusammenschau der Antworten zu ausgewählten Fragestellungen im BNE-Netzwerk (Abb. 1). Die Auswertung der Beiträge weist auf folgende Muster im Antwortverhalten hin: Es zeigt sich, dass die Teilnehmenden bereit sind, pragmatische Beiträge zum Netzwerk zu leisten. Sie möchten ihre Erfahrungen mit Bildungsangeboten (modulare Lernelemente, Planspiele...) beisteuern, die konkrete BNE-bezogene Themen adressieren. Weil viele Personen BNE, statt mit konkreten Themen, eher mit spezifischen Kompetenzen assoziieren (Bewertung, Systemdenken, Selbstregulation…), können sich viele auch diesbezüglich Beiträge zum Netzwerk vorstellen. In Zukunft möchten die Teilnehmenden mehr BNE-Projekte in Zusammenarbeit mit außerschulischen Lernorten sowie eine bessere Vernetzung mit Lehrkräften realisieren, um so ihren Beitrag zum Netzwerk beisteuern zu können. Wünsche bestehen in der Community hinsichtlich Untersuchungen zum Umgang von Lernenden mit einer für BNE charakteristischen Komplexität oder zur Affinität gegenüber BNE. Vielfach wird auch das Bedürfnis geäußert, zu klären bzw. zu definieren, worum genau es sich bei BNE handelt und ob es charakteristische Themen oder Kompetenzen gibt, die reguläre Bildungsangebote zu BNE-Angeboten machen. Gleiches gilt für die Sichtbarkeit in Form einer BNE-Material-Plattform. Im Hinblick auf Wünsche außerhalb der Community steht die Realisierung von Interdisziplinarität an erster Stelle. Hierbei wird der Einbezug von politischen, ethischen sowie umweltpädagogischen Perspektiven favorisiert.

Phase 2 – Impulsvortrag und Reframing

In seinem Impulsvortrag referierte Markus Wilhelm fünf, gemeinsam mit Stefanie Rinaldi ausgearbeitete, Thesen zu BNE aus didaktischer Perspektive (Wilhelm & Rinaldi, 2023). Mit These 1 insistieren sie darauf, BNE müsse sich von Rufen nach einer pädagogischen Lösung ökonomisch-politischer Globalprobleme emanzipieren, da deren Lösung nicht der Bildung, sondern der Politik und der Wirtschaft oblägen. Sie verweisen auf Kehren (2017), die das Delegieren eines solchen Globalproblems an Schulen, bei gleichzeitigem Fehlen politischen Willens, dieses Problem zu lösen, kritisiert. Schulen können diesem Transformationsanspruch kaum gerecht werden (Pelzel & Butterer, 2022; Weselek & Wohnig, 2020). These 1 mündet demzufolge in der Kritik, ein direktives Verständnis von BNE stehe in einem inhärenten Widerspruch zu einem emanzipatorischen Bildungsverständnis. Darauf fußt These 2, BNE müsse repolitisiert werden, da vornehmlich erziehungsorientierte BNE-Kompetenzen die Gefahr der Entpolitisierung und Individualisierung von Fragen der Nachhaltigkeit bergen würden. Das Problem wurde an den Gestaltungskompetenzen nach de Haan (2008) und an

einem Zitat Nieberts festgemacht: „Allerdings sind die Teilkompetenzen dieser Gestaltungskompetenz oft eher nachhaltigkeits-unspezifisch: Lernende sollen interdisziplinär, vorausschauend, weltoffen… denken können. Das ist alles richtig. Das Problem ist: Ohne eine thematische Verankerung und Operationalisierung könnte die Liste der Teilkompetenzen sowohl für den Vorsitzenden des Nachhaltigkeitsrates als auch für den Leiter eines Rüstungskonzerns gelten“ (Niebert, *im Druck*).

Was kann ich zum Netzwerk beitragen? *themenorientiert:* - Unbelebte Natur an der Küste - Rohstoffchemie und Kritikalität - Umgang mit Wissenschafts- und Klimawandelleugner:innen - Lehrplananalyse: BNE-Integration - Curriculare Bausteine (Univ. Lehre) *kompetenzorientiert:* - Evidenzbasierung - Bewertungskompetenz - Implizite Wissensebenen - Systems Thinking - Selbstreguliertes Lernen *netzwerk- und zielgruppenorientiert:* - Aufbau transdisziplinärer Netzwerke - Lehrkräftefort- bzw. weiterbildung - Außerschulische BNE-Player - Inter- und Transdisziplinarität *Modell-/Begriffsbildung zu Nachhaltigkeit*	Was könnte ich in Zukunft beitragen? *Bildungsangebote:* - BNE-spezifische Fortbildungen (digital-/transfer-/kompetenzorientiert) - Außerschulisches Lernen - Überfachliches Kontextualisieren - Modulare Lernelemente mit stufenweiser Komplexitätserhöhung - Lernszenarien und Planspiele - Mikro-BNE-Einheiten mit Passung zu Curricula - Progressive Unterrichtsplanung - Anwendungsbezogene BNE *Lehr-Lern-Forschung:* - zu Betroffenheiten von Schüler:innen - zu BNE-Unterrichtseinheiten - Learning Progression zur BNE – allgemein/mit Fächerkomponenten - BNE-Tiefenstruktur – Bewertung? *Modell-/Begriffsbildung zu Nachhaltigkeit*
Was wünsche ich mir von der Chemie-/Physikdidaktik-Community? *Schulpraxis:* - Erfahrungen zu BNE-Komplexität aus allen Schulstufen - Affinität Jugendlicher zu BNE - Schüler:innenprojekte *Modell-/Begriffsbildung:* - Modelle und Orientierungsrahmen - Einheitliche Definitionen zu BNE - Verhältnisbestimmung: Inhalte – Kompetenzen – BNE *Netzwerk:* - Gemeinsame Auftritte nach außen - BNE-Material-Plattform	Welche Wünsche habe ich an Akteur:innen außerhalb der Community, wie z.B. Politik, Industrie, Wirtschaft, Medien etc.? *Perspektiven:* - Politik - ethische Perspektiven *Netzwerk:* - Vernetzung mit anderen Communities (z.B. Umweltpädagogik) - Interdisziplinarität

Abb. 1. Ergebnis der Cluster-Bildung im Rahmen des Workshops.

Mit These 3 folgt ein Wechsel von der Problemorientierung zu Lösungen: BNE benötige die Nachhaltigkeitswissenschaft als Bezugsdisziplin, weil faktisches und ethisches Wissen die Grundlage für eine reflektierte, kritische Auseinandersetzung mit Fragen der Nachhaltigkeit

bilde. Für die Teilnehmer:innen wurden dazu die Merkmale der Nachhaltigkeitswissenschaft rekapituliert; hierzu zählen komplex gekoppelte Mensch-Umwelt-Systeme, normative und deskriptive wissenschaftlich fundierte Aussagen, inter- und transdisziplinäre Strukturen sowie eine deutliche Fokussierung auf Veränderungsprozesse. Da diese gegenüber der Öffentlichkeit kommuniziert werden, bedarf BNE einer Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft et vice versa (These 4). Schließlich wird mit These 5 an die Teilnehmer:innen appelliert, selbstbewusst und aktiv einen Beitrag beizusteuern, da sich Fachdidaktik-Teams bestens als Leitinstitutionen einer zu etablierenden Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft und damit einer kritischen BNE eignen. Sie stünden in der Verantwortung, zur Entwicklung des Bildungsdiskurses beizutragen. Am Ende des Impulsvortrags wurden dem Plenum die beiden folgenden Fragen gestellt: Wie kann und wie sollte nachhaltige Entwicklung gelehrt und gelernt werden? (Ergänzungsfrage: Wie gelingt der Schritt weg von rein überfachlichen oder fachdisziplinären Kompetenzen hin zu inter- und transdisziplinären Kompetenzen?) Wie könnte, visionär gedacht, eine Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft aussehen und diese ausgestaltet werden? (Ergänzungsfrage: Möchte das BNE-Netzwerk Pionierarbeit leisten?)

Phase 3 – Diskussion und Erweiterung
In der Diskussion wird deutlich, dass die Teilnehmenden den Stellenwert der BNE als Aufgabe einer hypothetischen Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft nachvollziehen können. Allerdings werden auch Probleme gesehen: So sei unklar, welche Personen kompetent wären, um eine Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft zu etablieren; es sei ein Kollektiv nötig, da für Nachhaltigkeitswissenschaft Interdisziplinarität wichtig sei. Es müssten zur Chemie- und Physikdidaktik weitere Fachdidaktiken und BNE-Ambassadore hinzutreten. Eine Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft könne die Gefahr einer ‚Atomisierung' von Fachdisziplinen bis hin zu einem neuen Schulfach bergen, was kontraproduktiv wäre. Demnach sei eine Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft eher als Virtualität, also als Meta-Disziplin zu verstehen. Zu deren Etablierung müsse getan werden, was zur Stärkung einer BNE ohnehin zu tun wäre: verschiedene Personen aus unterschiedlichen Fachdidaktiken müssen zusammenkommen und sich pragmatisch an einem übergeordneten nachhaltigkeitsbezogenen Thema, z.B. entlang eines SDG, abarbeiten. Eventuell, so die Teilnehmenden, ließen sich in der Zusammenarbeit gewonnene Erfahrungen generalisieren und zu einem Fundament eines Theoriegebäudes der Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft ausarbeiten.

Fazit und Ausblick
Ein Netzwerk *BNE in der Physik- und Chemiedidaktik* hat das Potenzial, die Etablierung einer kritischen BNE maßgeblich zu prägen, indem Akteur:innen des Netzwerks aktiv den Diskurs mit anderen Fachdidaktiken – auch ausserhalb der NaWi-Didaktiken – suchen, um gemeinsam Standards und konkrete Lehr-Lern-Angebote zu erarbeiten. In einem nächsten Schritt planen wir Drittmittel zu akquirieren, um diese Vernetzung auf verschiedenen Ebenen sowie die Sichtbarkeit bestehender und zukünftiger Arbeiten zu stärken. Dazu wird unter anderem ein gemeinsamer Webauftritt angestrebt, über den aktuelle Fragen diskutiert sowie Materialien und Ansätze geteilt werden können.

Literatur

Albert, M., Quenzel, G., Hurrelmann, K., & Kantar, P. (2019). *Jugend 2019. Eine Generation meldet sich zu Wort*. Shell Jugendstudie. Beltz.

Aubrecht, K.B., Dori, Y.J., Holme, T.A., Lavi, R., Matlin, S.A., Orgill, M., & Skaza-Acosta, H. (2019). Graphical Tools for Conceptualizing Systems Thinking in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education, 96*(12), 2888–2900.

Bliesmer, K., & Komorek, M. (Hrsg.) (2023). *Didaktische Rekonstruktion. Fachdidaktischer Ansatz für aktuelle Bildungsaufgaben.* BIS-Verlag.

Bliesmer, K., Tischer, J., & Komorek, M. (im Druck). Zwei Ansätze zur Realisation einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrkräftebildung. In M. Kubsch et al. (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von morgen* (S. 63–73). Waxmann.

Forster, K., & Koenen, J. (2022). BNE-Kompetenzen in der Lehrkräftebildung – ein systematisches Review. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 75–78). GDCP.

Haan, G. de (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann, & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung* (S. 23–44). Springer.

Ibraj, K., Legscha, Y.L., & Prechtl, M. (im Druck). BNE-Lehrkräftefortbildung durchgeführt von Lehramtsstudierenden. Facetten eines experimentellen Moduls in der Chemiedidaktik. In M. Kubsch et al. (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von morgen* (S. 99–107). Waxmann.

Künzli David, C., & Bertschy, F. (2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Kompetenzen und Inhaltsbereiche. In B. Overwien & H. Rode (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Lebenslanges Lernen, Kompetenz und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 35–46). Budrich.

Kuthe, A., Keller, L., Körfgen, A., Stötter, H., Oberrauch, A., & Höferl, K.-M. (2019). How many young generations are there? – A typology of teenagers' climate change awareness in Germany and Austria. The *Journal of Environmental Education, 50*(4), 1–15.

Ladenthin, V. (2004). *Zukunft und Bildung. Entwürfe und Kritiken.* Lang.

Meadows, D.H. (2019). *Die Grenzen des Denkens*. Oekom.

Nawrath, D. (2010): *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. DiZ.

Niebert, K. (im Druck). Die Gestaltungskompetenz eher nachhaltigkeits-unspezifisch. In A. Carrapatoso et al. (Hrsg.), *Wirksamer Unterricht in BNE*. Schneider Hohengehren.

Pelzel, S., & Butterer, H. (2022). Disrupting „disruptive ideas"? Nachhaltigkeit und Digitalisierung als offene Widerspruchsverhältnisse einer kritischen Lehrer*innenbildung. In J. Weselek, F. Kohler, & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 83–98). Springer.

Pufé, I. (2012). *Nachhaltigkeit*. UTB.

UN (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1).

UNEP (2019). *Global Chemicals Outlook II. From Legacies to innovative Solutions Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.

Weselek, J., & Wohnig, A. (2020). Praxisvorstellungen und -erfahrungen von Studierenden und Referendar/-innen zur Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung in Schule und Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Gesellschaftswissenschaften, 2*, 72–90.

Wilhelm, M., & Rinaldi S. (2023). Pädagogische Hochschulen als Leitinstitutionen auf dem Weg zu einer Didaktik der Nachhaltigkeitswissenschaft – Fünf Thesen zu Bildung in nachhaltiger Entwicklung. In P. Tremp (Hrsg.), *Nachdenken über Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 136 –145). Pädagogische Hochschule Luzern. https://doi.org/10.5281/zenodo.10033437.

Mathias Kirf[1] [1]Pädagogische Hochschule St.Gallen

Die Teilchenprasselmaschine und das Kupferschiff: Experimente für den Anfangsunterricht

Die Versuchsreihe "Die Teilchenprasselmaschine und das Kupferschiff" betont die energetischen und insbesondere kinetischen Zustände kurz nach Stoffumwandlungsreaktionen bei enger Kopplung an den chemischen Formalismus (Teilchen-Spurensuche). Das St. Galler Modell eröffnet dadurch intuitive Verknüpfungen mit wesentlichen Lerngelegenheiten der Chemie auf beiden Schulstufen.

Problemaufriss

Alchemie und Chemie lassen sich anhand ihrer Methodik voneinander abgrenzen: Während die Alchemie eine esoterische und spekulative Herangehensweise erlaubte, ist die Chemie eine streng empirische Wissenschaft, die auf experimenteller Evidenz und rationaler Analyse beruht. Fachdidaktisch wird dies aufgegriffen, wenn in der Chemie Phänomene im Kontrast der Stoff- und Teilchenebene gedeutet werden. Die Teilchenvorstellung verknüpft die Phänomene möglichst zielstufengerecht.

Das Erhitzen von gefüllten Reagenzgläsern, metallischen Objekten und anderen Gegenständen im Rahmen chemischer Versuche darf als gängige Tätigkeit chemischer Praxis angesehen werden. Es mag daher überraschen, dass im Rahmen einer Vorstudie durchgeführte Befragungen von SchülerInnen, Studierenden sowie Dozierenden mit naturwissenschaftlichem Kontext regelmäßig aufzeigten, dass das für die Chemie zentrale Phänomen "Erhitzen mit dem Gasbrenner" oft nur mit der Vorstellung eines immateriellen Energietransfers, nicht jedoch mit einer konkreten Vorstellung auf der Teilchenebene verknüpft werden konnte. Zentrale fachwissenschaftliche Inhalte können dabei in der Regel genannt und erläutert werden, insbesondere dass die Verbrennungsreaktion exotherm ist und daher insgesamt Energie freigesetzt wird, die sich zudem auf die erhitzten Objekte überträgt und als dessen Folge sich deren Teilchen stärker als zuvor bewegen. Allein die Erläuterung des genauen Mechanismus der Übertragung dieser Energie auf die erhitzten Objekte war in den allermeisten Fällen unklar. Auch den am GDCP-Workshop Teilnehmenden fiel es schwer, konkret zu erläutern, warum die Flamme eines Bunsenbrenners oder einer Kerze eigentlich heiß ist und andere Objekte erwärmen kann. Interessanterweise bieten auch Abbildungen in gängigen Lehrmitteln der Sekundarstufe 1 (z.B. NaTech 7 2019) dazu in der Regel keine adäquaten Vorstellungsmöglichkeiten während und kurz nach der chemischen Reaktion auf der Teilchenebene an. Da sich jedoch etablierte Vorstellungen zu späteren Zeitpunkten durch unterrichtliche Intervention nur äußerst schwer ändern lassen (Allen 2009; Watson et al. 1997), ist zu hinterfragen, ob nicht bereits auf der Sek I eine fachwissenschaftlich anschlussfähige Deutungsmöglichkeit auf der Teilchenebene entwickelt werden sollte – und welche Potentiale sich gegebenenfalls daraus ergeben könnten.

Intervention

Im GDCP-Workshop wurde nach dem Problemaufriss die an der PH St.Gallen entwickelte Versuchsreihe "Die Teilchenprasselmaschine und das Kupferschiff" (St.Galler Modell)

vorgestellt, die die Möglichkeit bietet, durch Verknüpfung und Ergänzung etablierter Schulversuche für die Sek I eine solche Vorstellungsmöglichkeit auf der Teilchenebene anzusteuern.
In Kürze: Anknüpfend an den bekannten Versuch „Der Kupferbrief“ wird zunächst aus einem ähnlich dimensionierten Kupferblech ein „Kupferschiff“ gefaltet, d.h. ein wasserdichter Trog, in den eine kleine Portion Wasser gegeben und über der rauschenden Brennerflamme erhitzt werden kann. Es ist zu beobachten, dass während des Verdampfens des Wassers (in der Regel) keine sichtbare Veränderung des Kupfers eintritt, jedoch nach dem Verdampfen rasch ein Aufglühen und dann die vom Kupferbrief bekannten Phänomene zu beobachten sind. In der Deutung kann daher herausgearbeitet werden, dass die chemische Reaktion erst nach dem Verdampfen des Wassers erfolgt, und dass dies anscheinend auf die zuvor kühlende Wirkung des Wassers zurückzuführen ist. Dies eröffnet die Möglichkeit, sich konkreter mit dem Vorgang des Erhitzens und den Vorstellungen dazu auseinanderzusetzen.
Ausgehend von der Frage, wie die Flamme eigentlich das Metall des Kupferschiffs und in Konsequenz dann das Wasser erhitzt, kann durch vorsichtige Annäherung der Hand an die rauschend und damit stabil brennende Flamme von Oben und von der Seite gezeigt werden, dass vor allem die Annäherung von Oben zu einem starken Wärmeeindruck führt, während sich die Hand von der Seite überraschend nah an die Flamme heranführen lässt. Dies ermöglicht, Strahlung als Hauptkomponente der Energieübertragung zwischen Flamme und Objekt (Hand) auszuschließen. Strahlung einer größeren Stoffportion breitet sich kugelförmig in den Raum aus, und dies konnte mit der Sensorik der Hand nicht bestätigt werden. Als Kontrast kann die leuchtende Flamme eingestellt werden, deren Leuchten von allen Seiten und insbesondere auch von Unten zu beobachten ist.
Auf der Suche nach der Ursache und dem Mechanismus hinter dem Erhitzen durch eine Flamme können dann Überlegungen auf der Teilchenebene anhand eines Reaktionsschemas oder einer Reaktionsgleichung geführt werden, z.B. kann die Reaktion von Methan mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser betrachtet werden. In der im Workshop gezeigten Versuchsreihe wurden dazu sowohl die Produkte der Reaktion durch Kalkwasserprobe ($CO_{2\,(g)}$) und Watesmo-Papier nach Kühlung ($H_2O_{(l)}$) nachgewiesen, als auch Zwischenprodukte der (unvollständigen) Reaktion ($C_{(s)}$) in der leuchtenden Brennerflamme mittels Magnesia-Stäbchen. Weitere flankierende didaktische Massnahmen haben während dieser Phase das Ziel, einen wesentlichen Aspekt der chemischen Denk- und Arbeitsweise deutlich zu betonen – den beständigen Wechsel zwischen Beobachtungsmöglichkeiten auf der Stoffebene und Deutungsmöglichkeiten auf der Teilchenebene – und die Denkweise einer „Teilchenspurensuche“ in den Phänomenen zu motivieren.
Der Bogen hin zur konkreten Deutung des Phänomens „Erhitzen mit dem Gasbrenner“ wird dann geschlagen, indem überlegt wird, „wohin“ die Energie, die bei dieser chemischen Reaktion offensichtlich freigesetzt wird, „gehen könnte“, wenn sie nicht in Form von Strahlung übertragen wird. Dazu kann auch überlegt werden, warum das Reaktionsprodukt Wasser erst nach Kühlung als Flüssigkeit dem Abgasstrom der Flamme entnommen werden kann. Ziel ist nun, eine Vorstellungsmöglichkeit zu entwickeln, in der ein Teil der bei der Reaktion freigesetzten Energie „bei“ den Teilchen der Reaktionsprodukte verbleibt; nämlich indem diese kinetisch angeregt sind, also als Stoffportion wärmer sind. Ein Gasbrenner könnte daher auch als eine Art „Teilchenprasselmaschine“ gesehen werden, in der durch die chemische Reaktion einerseits beständig neue Teilchen ($CO_{2\,(g)}$, $H_2O_{\,(g)}$) gebildet werden, und diese sich andererseits „mehr bewegen“ – im Modell des idealen Gases wäre diese Vorstellung übrigens einfacher, da hier die gesamte innere Energie des Gases dann allein durch die

kinetische Energie der Teilchen gegeben wäre. Im realen Gas ist es ein Zusammenspiel zwischen kinetischer, potentieller sowie innerer Anregungsenergie. Zudem ist deutlich zu thematisieren, dass die neu gebildeten Teilchen beständig mit anderen Teilchen kollidieren und daher i) keine weiteren Wege zurücklegen und ii) sich ihre Energie rasch auch auf andere Teilchen (z.B. Stickstoffmoleküle aus der Luft, in die Flamme hereinragende Teilchen von Objekten wie Reagenzgläser etc.) kinetisch überträgt, die wiederum mit anderen Teilchen kollidieren. Hier bietet es sich an, nochmal zum Versuch Kupferschiff zurückzukehren und die Vorgänge des Erhitzens in den verschiedenen Materialien genauer zu erörtern.

Diskussion und Ausblick

In Befragungen von SchülerInnen, Studierenden als auch Dozierenden zeigte sich, dass für das Phänomen „Erhitzen durch einen Gasbrenner“ oft nur die Vorstellung eines immateriellen Energietransfers als Deutungsmöglichkeit angeboten wird. Dies bedeutet, dass implizit von einer Übertragung durch Strahlung ausgegangen wird und keine teilchenbasierte Deutung verfügbar ist. Dieser Vorstellung kann aber bereits mit einfachen, sogar direkt körperlich erfahrbaren Versuchen begegnet werden. Durch die Verknüpfung und Ergänzung etablierter Schulversuche für die Sek I kann zudem eine kinetische Deutung des Phänomens auf der Teilchenebene gezielt angesteuert werden, die Stoffumwandlung und Energieumwandlung anschaulich verknüpft. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Verfügbarkeit einer solchen explizit teilchenbasierten, kinetischen Vorstellung zu mehr Anschaulichkeit und infolgedessen zu einfacheren Zugängen sowohl zu fachwissenschaftlichen Inhalten als auch zu Deutungen von verbreiteten Alltagsphänomenen führen kann. Die hohe Übertragbarkeit des herausgearbeiteten konzeptionellen Verständnisses auf weitere wesentliche Lerngelegenheiten der Chemie sowie auf das überfachliche Themenfeld Energie laden daher zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit dieser offensichtlich noch oft übersehenen, jedoch stark vernetzenden Perspektive auf die Teilchenebene ein.

Ausgehend von den ersten Erfahrungen mit dem hier vorgestellten St.Galler Modell zur kinetischen Deutung des Phänomens „Erhitzen/Flamme“ ist zu hinterfragen, ob durch die aktuell in den gängigen Lernmedien den Lernenden angebotenen didaktischen Zugänge zum zentralen Phänomen „Erhitzen durch Flamme“ nicht unnötig hohe Verständnishürden auferlegt werden, was sich u.a. auch auf den angestrebten Kompetenzaufbau z.B. im Konzeptbereich Energie (Bernholt et al. 2020) negativ auswirken könnte.

Literatur

Allen, Michael (2009): Learner error, affectual stimulation, and conceptual change. In: *J. Res. Sci. Teach.*, 151-173. DOI: 10.1002/tea.20302.

Bernholt, Sascha; Höft, Lars; Parchmann, Ilka (2020): Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? In: *Unterrichtswiss* 48 (1), S. 35–59. DOI: 10.1007/s42010-019-00065-4.

NaTech 7 (2019). 1. Auflage. Bern: Schulverlag plus.

Watson, J. Rod; Prieto, Teresa; Dillon, Justin S. (1997): Consistency of students' explanations about combustion. In: *Sci. Ed.* 81 (4), S. 425–443. DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<425::AID-SCE4>3.0.CO;2-E.

Michelle Möhlenkamp[1]
Helena van Vorst[1]
Sebastian Habig[2]
Mathias Ropohl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Erlangen-Nürnberg

Effekte einer digitalen Lernleiter im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Lernende an Real- und Gesamtschulen weisen heterogene Voraussetzungen im Fachwissen, im Interesse und in den kognitiven Fähigkeiten auf (Letzel, 2021; Stanat et al. 2019; Vock & Gronostaj, 2017). Daher bedarf es an diesen Schulformen einer Differenzierung im Unterricht. Um den unterschiedlichen Lernpotentialen der Lernenden gerecht zu werden und gleichzeitig den Aufbau von Fachwissen zu fördern, sollte der Unterricht strukturiert und binnendifferenziert gestaltet werden. So können Chancengleichheit und individuelle Lernprozesse ermöglicht werden (KMK, 2021; Steffensky & Neuhaus, 2018). Ein Ansatz, um mit Heterogenität umzugehen, ist das Lernleiter-Konzept. Die Lernleiter ist eine Strukturierungsmethode für Unterrichtsinhalte und gliedert Lernprozesse in Lernsequenzen (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Van Vorst (2018) hat eine Lernleiter für den Chemieunterricht zum Bohr'schen Atommodell entwickelt, in die Bausteine zur Binnendifferenzierung integriert sind. Darüber hinaus kann eine optimale Passung zwischen dem Lerngegenstand und den Voraussetzungen der Lernenden erreicht werden, wenn vor und während des Lernprozesses Leistungsdaten erfasst und für die Bereitstellung adaptiver Hilfen genutzt werden (Brühwiler & Vogt, 2020). Auf diese Weise kann der Einsatz digitaler Medien zu erfolgreichem, binnendifferenziertem Unterricht beitragen (Hillmayr et al., 2020; Schmidt & Küsel, 2021).

Ziel und Forschungsfragen

Zentrales Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Evaluation einer digitalen Lernleiter, die Lernenden adaptive Hilfen zur Aufgabenbearbeitung zur Verfügung stellt und gleichzeitig eine begleitende automatisierte Diagnostik ermöglicht. Folgende Forschungsfragen sollen im Rahmen des Projektes *Lernerfolg mit der digitalen Lernleiter* untersucht werden:

FF1: Welche Effekte zeigt eine digitale Lernleiter mit adaptiven Hilfen auf das Fachwissen, das Interesse der Lernenden am Chemieunterricht, das chemiebezogene Selbstkonzept und die Lernmotivation?

FF2: Welche Unterschiede zeigen sich in der individuellen Nutzung des Lernleitermaterials in Abhängigkeit von der Darbietungsform (digital vs. analog)?

Methode

Im Rahmen einer Wissenschafts-Praxis-Kooperation zwischen der Universität Duisburg-Essen (Didaktik der Chemie) und Lehrkräften aus neun Real- und Gesamtschulen des Ruhrgebiets wurde eine digitale Lernumgebung mit adaptiven Hilfen in Moodle/H5P entwickelt, die auf der analogen Lernleiter von van Vorst (2018) basiert.

Das entwickelte Lernleitermaterial wurde im Chemieunterricht der teilnehmenden Projektschulen im Schuljahr 2021/22 eingesetzt und evaluiert. Als Studiendesign wurde eine

quasi-experimentelle Interventionsstudie im Prä-Post-Follow-up-Testdesign gewählt. Insgesamt haben 33 Chemieklassen der Jahrgangsstufe 9 aus neun Real- und Gesamtschulen am Projekt teilgenommen ($N = 697$ Lernende). 16 Schulklassen bildeten die Interventionsgruppe. Sie erhielten das Arbeitsmaterial in einer digitalen, auf iPads präsentierten H5P-Lernumgebung in Moodle, wobei die Zuordnung zu drei unterschiedlichen Niveaustufen automatisiert auf Grundlage zuvor erfasster Leistungsdaten der Lernenden erfolgte. Die Vergleichsgruppe mit 17 Schulklassen arbeitete im Chemieunterricht mit dem analogen Lernleitermaterial und den Lernenden standen separate Hilfen auf Arbeitsblättern zur Verfügung. Vor und nach der Intervention wurden das Fachwissen, das Interesse, das chemiebezogene Selbstkonzept und die Lernmotivation erhoben. Zwölf Wochen nach Beendigung der Intervention erfolgte ein Follow-up-Test, um eine Aussage über den mittelfristigen Wissenserwerb der Lernenden treffen zu können. Während der Intervention wurden einzelne Lernende bei der individuellen Bearbeitung von fünf Aufgaben videografiert. Die Auswertung der Videos erfolgte mit der Software MAXQDA und einem Kodiermanual. Mittels einer quantitativen Inhaltsanalyse wurden Lernprozessgrafiken erstellt und anschließend Bearbeitungsmuster identifiziert.

Ergebnisse

Für die Auswertung liegen $N = 270$ vollständige Datensätze vor; $n = 154$ Lernende haben mit der analogen Lernleiter und $n = 116$ Lernende mit der digitalen Lernleiter gearbeitet. Die Lernenden beider Gruppen starteten mit vergleichbarem fachlichem Vorwissen. Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt einen statistisch signifikanten Lernzuwachs für beide Gruppen über den Interventionszeitraum: $F(1.80,481.50) = 167.49$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .385$. Jedoch erzielten die Lernenden der Interventionsgruppe im Follow-up-Test eine signifikant höhere Punktzahl im Fachwissenstest als die Lernenden der Vergleichsgruppe (Abb.1). Es liegt ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe vor: $F(1,268) = 8.64$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .031$. Somit hat die Gruppe, die mit der digitalen Lernleiter gearbeitet hat, insgesamt mehr im Unterricht gelernt und das Wissen auch langfristig über einen Zeitraum von zwölf Wochen behalten.

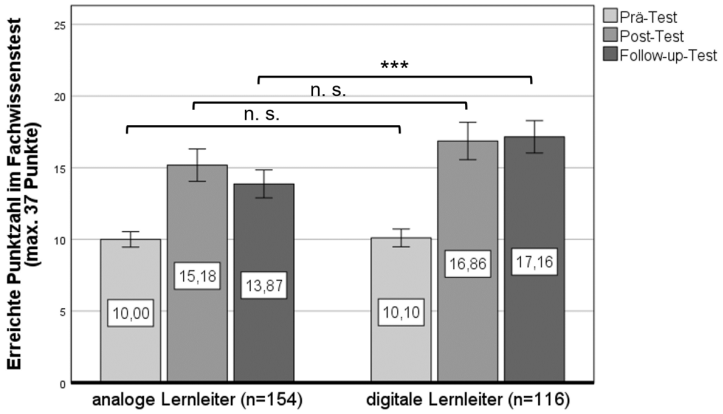


Abb. 1: Erreichte Punktzahl der analogen/digitalen Lernleitergruppe im Fachwissenstest.

Zudem wurden die affektiven Variablen Interesse, chemiebezogenes Selbstkonzept und Lernmotivation an den drei Messzeitpunkten erhoben. Für beide Gruppen konnten kleine

positive Effekte beim chemiebezogenen Selbstkonzept ($F(2, 536) = 3.64$, $p = .027$, $\eta_p^2 = .013$) und bei der extrinsischen Motivation ($F(2, 536) = 5.54$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .020$) festgestellt werden. Das individuelle Interesse und die intrinsische Motivation der Lernenden am Chemieunterricht sind signifikant gesunken ($F(1.93, 516{,}71) = 7.49$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .027$). Dies könnte auf die lange Interventionsdauer von zwölf Wochen zurückgeführt werden.
Für die zweite Forschungsfrage standen 51 Videos zur Verfügung. 24 Lernende haben mit dem analogen Material und 27 Lernende mit der digitalen Variante gearbeitet. Bei den analog Lernenden hatten neun eine hohe Niveaustufe (gelb), elf eine mittlere Niveaustufe (grün) und vier eine niedrige Niveaustufe (blau). Bei den Lernenden, die mit digitalem Material gearbeitet haben, erhielten zwölf Lernende eine Zuordnung zu einer hohen, sechs zu einer mittleren und neun zu einer niedrigen Niveaustufe. Zu jedem Video wurde mit Hilfe des eingesetzten Kodiermanuals eine Lernprozessgrafik erstellt, und es zeigten sich sechs verschiedene Bearbeitungsmuster (BM). In Abbildung 2 sind die Häufigkeiten der Bearbeitungsmuster getrennt nach analoger und digitaler Lernleiter dargestellt.

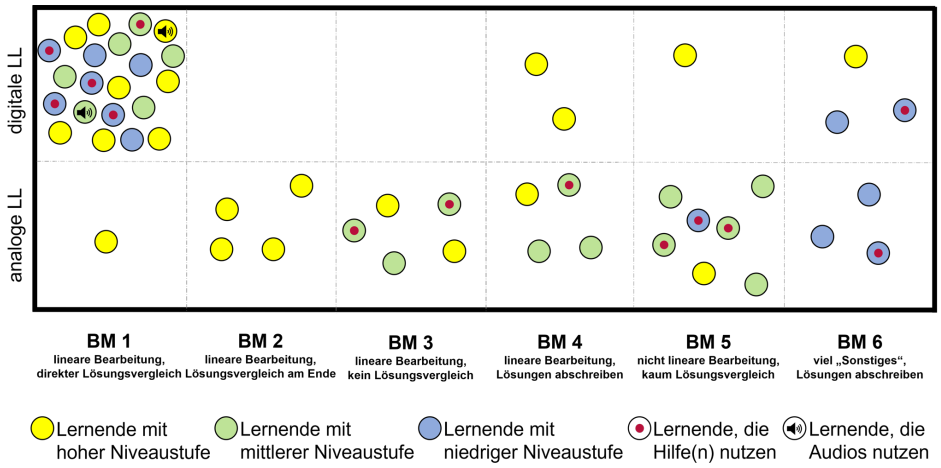


Abb. 2: Bearbeitungsmuster der analogen/digitalen Lernleitergruppe.

Für die analoge Lernleiter zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung, wobei die gelben Punkte eher bei BM 2-3, die grünen bei BM 3-5 und die blauen bei BM 6 vorzufinden sind. Bei der digitalen Lernleiter ergibt sich eine sehr eindeutige Verteilung. 21 der 27 Videos konnten dem BM 1, lineare Bearbeitung und direkter Lösungsvergleich, zugeordnet werden, wobei jede Niveaustufe auftritt. Nur vereinzelt finden sich gelbe oder blaue Punkte bei BM 4-6.

Diskussion

Die Ergebnisse des Fachwissenstests machen deutlich, dass die Lernenden unabhängig von der Lernleitervariante an Fachwissen dazugewinnen. Es zeigt sich wie bei Hauerstein (2019), dass Lernleitern den Wissenszuwachs positiv beeinflussen können. Die Unterschiede in der durchschnittlich erreichten Punktzahl im Post- und im Follow-up-Test zwischen der Interventions- (digitales Material) und der Vergleichsgruppe (analoges Material) deuten darauf hin, dass tabletgestützter Unterricht lernförderlich sein kann und zu einem langfristigen Wissensaufbau beiträgt (Greitemann & Melle, 2022).

Literatur

Brühwiler, C. & Vogt, F. (2020). Adaptive teaching competency. Effects on quality of instruction and learning outcomes. Journal for Educational Research Online(1), 119-142.

Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology. Immenhausen: Prolog-Verlag.

Greitemann, L. & Melle, I. (2022). Tablet-Einsatz zur Vermittlung und Sicherung von Fachwissen. Chemkon 29(S1), 293-298.

Hauerstein, M.-T. (2019). Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Logos Verlag.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S., & Reiss, K. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. Computers & Education, 153.

KMK. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“* Von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-undLernen-Digi.pdf

Letzel, V. (2021). Binnendifferenzierung in der Schulpraxis - Eine quantitative Studie zur Einsatzhäufigkeit und zu Kontextfaktoren der Binnendifferenzierung an Sekundarschulen. Trier.

Schmidt, P., & Küsel, J. (2021). Adaptive E-Learning-Umgebung zum Thema Löslichkeit und Stofftrennung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule. Adaptivity in e-learning. *Kölner Online Journal für Lehrer*innenbildung*, 296-313.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann.

Steffensky, M., & Neuhaus, B. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Theorien in der naturwissenschaftlichen Forschung* (S. 299-313).

van Vorst, H. (2018). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter: Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung. MNU(71), 317-324.

Vock, M., & Gronostaj, A. (2017). Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Nicolai ter Horst[1]
Julia Dietrich[1]
Timm Wilke[2]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena
[2]Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Digitalchemlab – digital-differenzierte Lernmodule im Schülerlabor

1 Einführung

Digitalen Medien wird insbesondere im Bereich des personalisierten Lernens ein hohes didaktisches Potenzial zugeschrieben: (1) Auf Ebene der Schüler*innen könnten digitale Medien dabei helfen diese zu Sachkundigen des eigenen Lernens zu machen. Dies bedeutet zum Beispiel, dass sie selbstgesteuert Lerninhalte erarbeiten (Hillmayr, 2017, S.16) und dabei von der Lehrkraft und durch digitale Medien unterstützt werden. (2) Auf Ebene der Lehrkräfte könnten sie dabei helfen, die Rolle der Lehrperson hin zu einer Lernbegleitung zu verändern (Meyer, 2020). (3) Auf Ebene der Fachdidaktik können digitale Medien dabei helfen, u.a. durch das Bereitstellen multipler Repräsentationen (Mayer, 2014), das Verständnis der Fachinhalte zu erhöhen und die Motivation zu steigern. Um dieses Potential zu nutzen, entstand das Projekt „digitalchemlab – digital und differenziert im Schülerlabor“ (ter Horst & Wilke, 2022).

3 Das Projekt „digitalchemlab – digital und differenziert im Schülerlabor“

In einem ersten Forschungsprojekt sollen klassische Elemente des Schülerlabors wie Experimente und offenes Lernen mit digital unterstützten Wahlmöglichkeiten verknüpft werden, um so die Lernerfahrung zu personalisieren. Individualisierung und selbstgesteuertes Lernen in Kombination mit digitalen Medien können sich positiv auf die Motivation und den Lernerfolg auswirken (Daumiller & Dresel, 2019). Neben dem Bereitstellen von Wahlmöglichkeiten, was zur Autonomie und damit zur Motivation beiträgt (Schneider, Nebel, Beege & Rey, 2018), wollen wir als zweiten Faktor eine Struktur bieten, die eine informierte Wahlentscheidung ermöglicht (van Loon, Ros & Martens, 2012). Daher bieten wir Aufgaben unterschiedlicher Komplexität in geordneter Form innerhalb einer Differenzierungsmatrix („DM“, Sasse & Schulzeck, 2020) an. Die Aufgaben sind dabei als Felder der Matrix entlang thematischer (horizontal) und kognitiver Komplexität (vertikal) konstruiert und angeordnet (s. Abb. 1). Die Lernenden können so selbstgesteuert Felder der Matrix wählen, die am besten zu ihren Interessen und Vorkenntnissen passen. Unterstützt wird dies durch den Einsatz von Multitouch Learning Books (”MLB”, Seibert, Luxenburger-Becker, Marquardt, Lang, Perels, Kay, Huwer, 2020). In diesen sind alle Materialien enthalten, die zum Bearbeiten der Aufgaben notwendig sind oder diese unterstützen. Die DM dient dabei als Ausgangspunkt. Unterschieden wird zwischen Experimental- und Übungsfeldern. Durch die Kombination aus DM und MLB entsteht ein digital-differenziertes Lernmodul. Alle Felder sind dafür im Schülerlabor als Stationen aufgebaut. Die Schüler*innen erhalten zu Beginn des Tages eine technisch-methodische Einführung in die Bedienung des MLB und die Arbeit mit der DM. Im Anschluss haben sie 2,5 Stunden Zeit, mit ihrem iPad an den Stationen zu experimentieren und zu üben. Bis zum Abschluss des Tages sollen mindestens vier Felder absolviert werden. Abschließend erhalten sie die Möglichkeit, Feedback zu geben und offene Fragen zu diskutieren. Zur Umsetzung des Konzepts wurde ein Beispielmodul zum Thema Haushaltsreiniger erstellt.

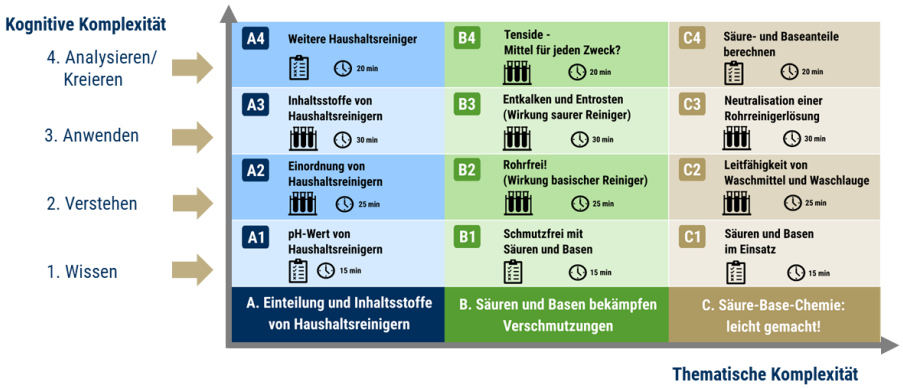


Abb. 1 Das digital-differenzierte Lernmodul „Haushaltsreiniger“.

4 Pilotstudie zum digital-differenzierten Lernmodul Haushaltsreiniger

Stichprobe und Studiendesign

An einer Studie zur Pilotierung des Lernmoduls Haushaltsreiniger nahmen 65 Schüler*innen teil, ein Follow-up-Test wurde von 54 Schüler*innen ausgefüllt. Von den 65 Teilnehmenden im Alter zwischen 13 und 15 Jahren (M = 13,91, SD = 0,426) waren 46 % männlich und 54 % weiblich. Alle Gruppen besuchten das Gymnasium, zwei Schulen waren aus Thüringen und eine aus Sachsen. Die Pilotstudie folgte einem Pre-Test, Intervention, Post-Test, Follow-up-Test-Design. Darüber hinaus wurden Fragebögen nach Abschluss jedes Feldes sowie ein Online-Tool zur Erfassung von Dauer und Wahl der Felder verwendet. Auf eine Kontrollgruppe wurde aufgrund der geringen Teilnehmendenzahl zunächst verzichtet, d.h. alle Schüler*innen bearbeiteten das oben beschriebene Lernmodul. Drei Forschungsfragen standen dabei im Vordergrund:

- Wie verändern sich bei Einsatz des digital-differenzierten Lernmoduls „Haushaltsreiniger“ Wissen, thematisches Interesse und (Leistungs-) Emotionen der Teilnehmenden?
- Wie bewerten die Teilnehmenden das Lernmodul sowie einzelne Aspekte desselben?
- Wie nutzen die Teilnehmenden das Lernmodul?

Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der Forschungsfrage (1) konnte gezeigt werden, dass sich das Wissen sowohl zur Säure-Base-Chemie als auch zum Thema Haushaltsreiniger signifikant veränderte. In einer Within-Subjects-ANOVA war der Effekt für das Wissen über Säure-Base-Chemie auf dem 0,05-Niveau signifikant ($F (1,8; 95,9) = 15,15$, $p < ,001$, partielles $\eta^2 = ,22$). Eine signifikante Steigerung wurde vom Pre-zum Post- ($M_{pre} = 6,49$, $SD = 3,65$; $M_{post} = 8,62$, $SD = 3,07$; $p < ,001$) und vom Pre- zum Follow-up-Test ($M_{follow\text{-}up} = 8,67$, $SD = 2,75$; $p < ,001$) verzeichnet. Die Veränderung vom Post- zum Follow-up-Test war nicht signifikant ($p = 1$). Der Effekt für das Wissen über Haushaltsreiniger war bei Berechnung der Within-Subjects-ANOVA auf dem 0,05-Niveau ebenfalls signifikant ($F (2; 104) = 26,29$, $p < ,001$, partieller $\eta^2 = ,34$). Eine signifikante Steigerung gab es vom Pre-zum Post- ($M_{pre} = 3,08$, $SD = 2,03$; $M_{post} = 6,22$, $SD = 2,92$; $p < ,001$) und vom Pre- zum Follow-up-Test ($M_{follow\text{-}up} = 4,84$, $SD = 2,45$; $p < ,001$). Zudem ergab sich ein Rückgang vom Post- zum Follow-up-Test ($p < ,02$). Dies könnte mit der Weiterbehandlung des Themas Säure-Base-Chemie in der Schule zusammenhängen, während das Thema Haushaltsreiniger womöglich nicht mehr aufgegriffen wurde. Das

thematische Interesse am Thema veränderte sich bei Berechnung der Within-Subjects-ANOVA auf dem 0,05-Niveau signifikant (F (1.84, 97.5) = 2.55, p < ,001, partieller η^2 = ,14). Einer signifikanten Steigerung vom Pre-zum Post-Test (M_{pre} = 2,78; SD = 0,81; M_{post} = 2,97, SD = 0,76; p < ,05) stand eine signifikante Senkung vom Post- zum Follow-up-Test ($M_{follow-up}$ = 2,63, SD = 0,79; p < ,001) gegenüber. Die Veränderung vom Pre- zum Follow-up-Test war nicht signifikant (p = 0,169). Das Thema konnte das generierte Interesse also nicht halten, was entweder an der Attraktivität des Themas an sich oder der ausreichenden Behandlung am Schülerlabortag liegen könnte. Bei den (Leistungs-) Emotionen zeigt sich im Vergleich vom Pre- zum Post-Test, dass die Freude (M_{pre} = 3,65, SD = 0,78; M_{post} = 3,94, SD = 0,66) signifikant zunahm (t(64) = - 3,48, p < .001), während die negativen Emotionen Frustration (M_{pre} = 1,85, SD = 0,87; M_{post} = 1,45, SD = 0,75) (t(64) = 3,59, p < .001) und Langeweile (M_{pre} = 2,12, SD = 1,1; M_{post} = 1,71, SD = 0,84) (t(64) = 3, p = .002) signifikant abnahmen. Allerdings nahm auch die Neugier (M_{pre} = 3,58, SD = 1,03; M_{post} = 3,03, SD = 0,98) ab (t(64) = 4,61, p < .001), was auf den hohen Informationsgehalt des Lernmoduls zurückzuführen sein könnte. Dennoch sind dies positive Ergebnisse für das Lernmodul.

In Bezug auf die Forschungsfrage (2) zeigte sich eine sehr positive Resonanz der Teilnehmenden auf das Lernmodul. Das Lernmodul insgesamt (M = 4,18, SD = 0,66), die Differenzierungsmatrix (M = 4,18, SD = 0,79) und der Einsatz der iPads (M = 4,49, SD = 0,83) wurden von den Schüler*innen als gut oder sehr gut bewertet. Komplexität (M = 3,18, SD = 0,39) und Dauer (M = 3,29, SD = 0,78) lagen sehr nahe an der erwünschten Bewertung (3 = "genau richtig"). Beim Vergleich der Schwierigkeits- und Anstrengungsgrade verschiedener Aufgaben zeigte sich, dass die Schüler*innen die (thematisch) komplexesten Aufgaben auch als am komplexesten wahrnahmen. Das Gleiche galt für die wahrgenommene Anstrengung. Die vermeintlich kognitiv komplexesten Level-4-Felder folgten dieser Tendenz jedoch nicht. Dennoch sind die Gesamttendenzen ein guter Indikator dafür, dass der wahrgenommene und der beabsichtigte Schwierigkeitsgrad übereinstimmten.

Bei der Betrachtung der Forschungsfrage (3) zeigte sich, dass die Anzahl der bearbeiteten Felder mit zunehmender thematischer und kognitiver Komplexität abnahm. Dies zeigt zum einen, dass die Schüler*innen tendenziell leichtere Aufgaben wählten. Zum anderen stützt es die Vermutung, dass die unterschiedlichen Schwierigkeiten der Felder, die den Schüler*innen sichtbar gemacht wurden, tatsächlich einen Einfluss auf ihr Aufgabenwahlverhalten hatten.

5 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Pilotstudie deuten darauf hin, dass digital-differenzierte Lernmodule eine sinnvolle Alternative zum bekannten klassischen Schülerlabor darstellen können. Sowohl in Bezug auf Wissenszuwachs, Interesse, Emotionen als auch auf die Bewertung einzelner Aspekte ergaben sich positive Ergebnisse. Darüber hinaus unterstreicht die Studie die Qualität des exemplarischen Lernmoduls "Haushaltsreiniger" und legt damit den Grundstein für weitere Lernmodule gleicher Machart. Der Einsatz des Lernmoduls eröffnet neue Fragen zum Entscheidungsprozess der Schüler*innen und zu individuellen oder wiederkehrenden Lernwegen, die dazu beitragen können, digital-differenzierte Lernmodule in Richtung einer adaptiven Lernumgebung zu verändern. Das Lernmodul "Haushaltsreiniger" ist auf unserer Website (https://www.chemgeo.uni-jena.de/chemiedidaktik) unter dem Reiter Downloads verfügbar.

Literatur

Daumiller, M., Dresel, M. (2019). Supporting Self-Regulated Learning with Digital Media Using Motivational Regulation and Metacognitive Prompts. The Journal of Experimental Education, 87/1, 161–176.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster, New York: Waxmann.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R.E. Mayer (Hg.), The Cambridge handbook of multimedia. Cambridge: Cambridge University Press, 43–71.

Meyer, H. (2020). Arbeit mit digitalen Unterrichtsmedien. Plädoyer für eine didaktisch fundierte Unterrichtsentwicklung in 9 Punkten. https://unterrichten.digital/2020/05/14/hilbert-meyer-digitalisierung-unterricht/ (letzter Zugriff am 31.10.2023).

Sasse, A., Schulzeck, U. (Hrsg.) (2021). Inklusiven Unterricht planen, gestalten und reflektieren. Die Differenzierungsmatrix in Theorie und Praxis. Bad Heilbrunn, Stuttgart: Verlag Julius Klinkhardt.

Schneider, S., Nebel, S., Beege, M., Rey, G. D. (2018). The autonomy-enhancing effects of choice on cognitive load, motivation and learning with digital media. Learning and Instruction, 58, 161–172.

Seibert, J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., W. M. Kay, C., Huwer, J. (2020). Multitouch Experiment Instruction for a Better Learning Outcome in Chemistry Education.WJCE 8/1, 1-8.

ter Horst, N., Wilke, T. (2022). Digital und differenziert im Schülerlabor – das Konzept digitalchemlab. Chemkon, 29/S1, 227–232.

van Loon, A.-M., Ros, A., Martens, R. (2012). Motivated learning with digital learning tasks: what about autonomy and structure? Educational Technology Research and Development, 60/6, 1015–1032.

Florian Frank[1]
Christoph Stolzenberger[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Studie zur Wirkung digitaler Medien in Schülerlaboren für die E-Lehre

Theoretischer Hintergrund und Forschungsinteresse

Nach Aussagen der *Cognitive Load Theory (CLT)* (Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019) verfügt jeder Lernende über eine gewisse kognitive Kapazität und jeder Lernprozess bewirkt eine Belastung derselben. Übersteigt dabei diese kognitive Belastung die Kapazität der Lernenden, so wird der Lernvorgang gehindert. Die kognitive Belastung kann in drei Kategorien eingeteilt werden: intrinsische Last (erzeugt durch den Lerninhalt, für einen Lerninhalt unveränderlich), extrinsische Last (erzeugt durch die Darbietung des Lerninhalts, u.a. die Darstellungen im Lernmaterial) und lernbezogene Last (erzeugt durch Verarbeitungs- und Speicherprozesse, z.B. Schemata-Konstruktion). Ein Lernvorgang sollte dem folgend so gestaltet sein, dass die kognitive Kapazität möglichst wenig extrinsisch belastet wird und möglichst viel Kapazität für lernbezogene Vorgänge zur Verfügung steht. In der Elektrizitätslehre sind für den Lernvorgang wichtige Ressourcen das physikalische Experiment, die am Experiment erhobenen Messdaten und die häufig auf Analogien basierenden Modellvorstellungen zur Elektrizität. Nach den *Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Kontiguität* der *Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)* (Mayer, 2014) ist die extrinsische Last umso geringer, je zeitlich und räumlich näher sich alle für den Lernvorgang relevanten Ressourcen sind (Mayer & Fiorella, 2014). Anknüpfend daran wurden im Projekt „PUMA : Spannungslabor“ zwei Applikationen entwickelt: eine Augmented Reality (AR)-Applikation, welche einen realen Stromkreis mit den Modellvorstellungen überblendet (Stolzenberger, Frank & Trefzger, 2022; Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2022) und eine Simulation, welche die Modellvorstellungen auf einen digitalen Stromkreis projiziert. Das in diesem Artikel beschriebene Vorhaben nutzt beide Applikationen im Rahmen einer Schülerlaborstudie, um die Wirkung des Einsatzes dieser Art der digitalen Lernunterstützung auf den Konzeptwissenszuwachs und die im Lernvorgang empfundene kognitive Last zu untersuchen (Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2023).

Studiendesign und Intervention

Im Vorhaben werden zwei Forschungsfragen untersucht: *„Welchen Einfluss hat die Modelldarstellung (per Infografik, Simulation oder AR) auf Konzeptwissen und kognitive Last?“* und *„Welchen Einfluss hat die Messwerterfassung (per Multimeter oder AR) auf Konzeptwissen und kognitive Last?“*. Im Rahmen eines Schülerlabors zu elektrischen Stromkreisen wurde dafür eine Pre/Post-Studie zum Konzeptwissen (erhoben mittels 2T-SEC-Test, siehe Ivanjek, Morris, Schubatzky, Hopf, Burde, Haagen-Schützenhofer, Dopatka, Spatz & Wilhelm, 2021) durchgeführt (vgl. Abb. 1). Im Schülerlabor wurde mittels *Cognitive Load Scale* (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017) die kognitive Last an vier Messzeitpunkten erhoben. Im Schülerlabor erarbeiten die Lernenden die Basis-Inhalte der E-Lehre anhand eines Arbeitsbuches, eines Experimentiersatzes zur E-Lehre und digitalem Unterstützungsmaterial (Frank, Stolzenberger & Trefzger, akzeptiert). Das Schülerlabor wird in vier Varianten mit gleichem Inhalt und unterschiedlichem Unterstützungsmaterial durchgeführt: Modelldarstellung per Infografiken und Messung per Multimeter (IG & MM), Modelldarstellung per Simulation und Messung per Multimeter (SIM & MM), Modelldarstellung per AR-App und Messung per Multimeter (AR

& MM) und Modelldarstellung per AR-App und Messung per AR-App (AR & AR). Zur Untersuchung der Forschungsfrage 1 können damit die Gruppen IG & MM, SIM & MM und AR & MM verglichen werden, für Forschungsfrage 2 die Gruppen AR & MM und AR & AR.

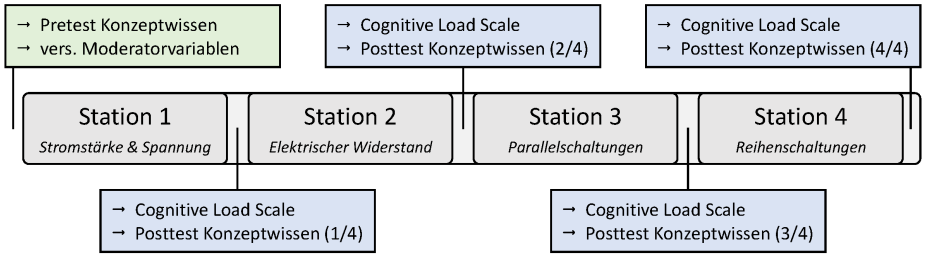


Abbildung 1: Aufbau der Intervention (grün: Pretest, blau: Erhebungen im Schülerlabor)

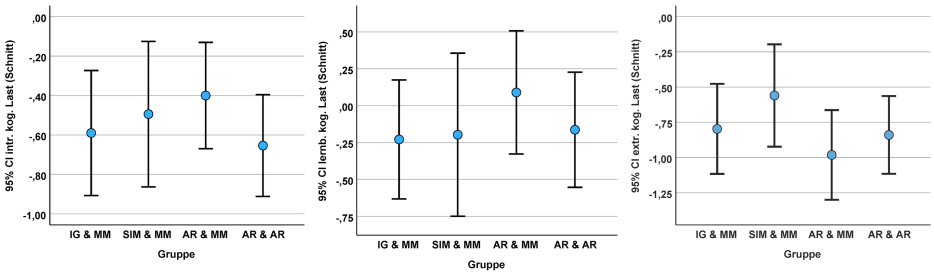
Auswertung

Die Ergebnisse, über die hier berichtet wird, wurden aus zwischen Dezember 2022 und Juni 2023 durchgeführten Erhebungen gewonnen. In diesem Zeitraum besuchten insgesamt acht Gymnasialklassen der achten Jahrgangsstufe die Schülerlabore. Dabei wurden 179 vollständige Datensätze gesammelt, davon 40 in Gruppe IG & MM, 41 in Gruppe SIM & MM, 45 in Gruppe AR & MM und 53 in Gruppe AR & AR. Die erhobenen Daten wurden nach der probabilistischen Testtheorie aufbereitet und skaliert (Neumann, 2014), die Konzeptwissensdaten im Rahmen eines zweidimensionalen (für die zwei Messzeitpunkte) *2PL*-Modell, die Cognitive Load-Daten im Rahmen eines vierdimensionalen (für die vier Messzeitpunkte) *Generalized-Partial-Credit*-Modell (mit R-Package TAM, siehe Robitzsch, Kiefer & Wu, 2022). Die Struktur der *Cognitive Load Scale* wurde konfirmatorisch geprüft und bestätigt, die Kenndaten liegen im Bereich der in anderen Verwendungen des Fragebogens berichteten Werte (vgl. Meta-Analyse von Krieglstein, Beege, Rey, Ginns, Krell & Schneider, 2022).

Ergebnisse und Diskussion

Zur Testung der Hypothesen wurden ANOVAs durchgeführt, jeweils für den Durchschnitt der in vier Messungen erhobenen kognitiven Last und der Gruppe als fixen Faktor.

- F1-H1: Die Art der Modelldarstellung hat keinen Einfluss auf die intrinsische Last.
- F2-H1: Die Art der Messwerterfassung hat keinen Einfluss auf die intrinsische Last.
- F1-H2: Die Art der Modelldarstellung hat keinen Einfluss auf die lernbezogene Last.
- F2-H2: Die Art der Messwerterfassung hat keinen Einfluss auf die lernbezogene Last.
- F1-H3: Die Art der Modelldarstellung hat einen Einfluss auf die extrinsische Last.
- F2-H3: Die Art der Messwerterfassung hat einen Einfluss auf die extrinsische Last.



Abbildungen 2, 3, 4: Durchschnittswerte (über alle Messpunkte) der gemessen Lastarten in den Gruppen (links: intrinsische Last, mittig: lernbezogene Last, rechts: extrinsische Last)

Zur intrinsischen Last (F1-H1 und F2-H1) wurden die Nullhypothesen getestet, da in allen Interventionsgruppen dieselben Fachinhalte zur Elektrizität vermittelt wurden. Betrachtet man Abb. 2, erscheint daher der Unterschied zwischen den Gruppen AR & MM und AR & AR als diskussionswürdig. Die Lehrkräfte der teilnehmenden Klassen gaben dazu in vielen Fällen an, dass die Schüler*innen im Unterricht bisher wenig bis gar nicht mit Multimetern gearbeitet hatten. Die höhere intrinsische Last bei der Nutzung der Multimeter (AR & MM) im Vergleich zur Nutzung der AR-App zur Messung (AR & AR) kann damit darin begründet liegen, dass für die Schüler*innen die Handhabung der Multimeter ein zusätzlicher Lerninhalt im Schülerlabor war und damit zur intrinsischen Last beigetragen hat. Die Hypothesentests mit der aktuellen Stichprobe ergeben, dass weder die Art der Modelldarstellung ($F(2, 123) = .367, p = .694, \eta^2 = .006$) noch die Art der Messwerterfassung ($F(1, 96) = 1.857, p = .176, \eta^2 = .019$) einen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche intrinsische Last haben.
Zur lernbezogenen Last (F1-H2 und F2-H2) wurden die Nullhypothesen getestet, da sich die Interventionsgruppen in ihrer Förderung der lernbezogenen Last (z.B. durch Prompts für Reflexion, gezieltes Feedback, Personalisierung der Instruktion, siehe Moreno & Mayer, 2010) nicht unterscheiden. Die Hypothesentests mit der aktuellen Stichprobengröße ergeben, dass weder die Art der Modelldarstellung ($F(2, 123) = .608, p = .546, \eta^2 = .010$) noch die Art der Messwerterfassung ($F(1, 96) = .789, p = .377, \eta^2 = .008$) einen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche lernbezogene Last haben (vgl. auch Abb. 3).
Zur extrinsischen Last (F1-H3 und F2-H3) wurden die Alternativhypothesen formuliert. Die der Hypothese F1-H3 zugrundeliegende Annahme, dass das Einhalten der Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Kontiguität eine Senkung der extrinsischen Last mit sich bringt, scheint allerdings zunächst nicht bestätigt. Beschreibt man die Mittelwertverläufe (siehe Abb. 4) der sich in der Modelldarstellung unterscheidenden Gruppen IG & MM, SIM & MM und AR & MM qualitativ, so fällt auf, dass die Nutzung der Simulation die höchste und die Nutzung der AR-App die geringste extrinsische Last hervorruft. Grundlegend vereinen beide Applikationen die Modelle und den Stromkreis, allerdings unterschiedliche Formen dessen, als virtuelles Objekt in der Simulation, bzw. als Realobjekt in der AR-App. Die höhere extrinsische Last der Simulationsnutzung deutet darauf hin, dass ein virtuelles Faksimile des Stromkreises den realen Stromkreis nicht ersetzen kann. Die zentralen Lernressourcen sind damit also der reale (!) Stromkreis und die Modelldarstellung. Dieser Logik folgend ermöglicht die AR-App eine räumliche und zeitliche Kontiguität, die Nutzung von Infografiken zumindest eine zeitliche Kontiguität, während die Nutzung der Simulation weder eine räumliche noch eine zeitliche Kontiguität zwischen realem Stromkreis und Modelldarstellung erlaubt. Die Verteilung der gemessenen extrinsischen Lasten in den Gruppen IG & MM, SIM & MM und AR & MM stützt diese Interpretation. Die Hypothesentests mit der aktuellen Stichprobengröße ergeben, dass weder die Art der Modelldarstellung ($F(2, 123) = 1.665, p = .193, \eta^2 = .026$) noch die Art der Messwerterfassung ($F(1, 96) = .464, p = .497, \eta^2 = .005$) einen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche extrinsische Last haben.

Ausblick

Im Zeitraum November 2023 bis Februar 2024 werden weitere Daten in Schülerlabore erhoben. Dies ermöglicht eine Ausschärfung der berichteten Ergebnisse. Die in der Diskussion zu F2-H1 geführte Argumentationslinie wird mit den Daten zur zweiten Station (in dieser erfolgt die erstmalige Nutzung der Multimeter) untersucht. Im nächsten Auswertungsschritt soll in einem Strukturgleichungsmodell die Relationierung der Arten der kognitiven Last zum Konzeptwissenszuwachs (nach *Change-Regression-Modell*, siehe McArdle, 2009) erfolgen.

Literatur

Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (2022). Augmented-Reality-Applikation zum Einsatz bei Schülerexperimenten im Elektrizitätslehreunterricht der Sekundarstufe I. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022

Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (2023). PUMA : Spannungslabor – Untersuchung der Lernwirksamkeit von AR. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, Beiträge zur GDCP-Jahrestagung 2022

Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (akzeptiert). Schülerlaborstudie zum Einsatz von Augmented Reality in der Elektrizitätslehre – Studiendesign, Interventionsmaterial und vorläufige Ergebnisse zur Reduktion der Bearbeitungszeit durch AR. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2023

Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhofer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. Physical Review Physics Education Research 17, 020123

Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Frontiers in Psychology, 8, Article 1997

Krieglstein, F.; Beege, M.; Rey, G. D.; Ginns, P.; Krell, M.; Schneider, S. (2022). A Systematic Meta-analysis of the Reliability and Validity of Subjective Cognitive Load Questionnaires in Experimental Multimedia Learning Research. Educ Psychol Rev 34, S. 2485–2541

Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition. Cambridge University Press, New York, S. 43-71

Mayer, R. & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition. Cambridge University Press, New York, S. 279 – 315

McArdle, J. J. (2009). Latent variable modeling of differences and changes with longitudinal data. Annu. Rev. Psychol. 2009, Vol. 60, S. 577-605

Moreno, R. & Mayer, R. (2010). Techniques That Increase Generative Processing in Multimedia Learning: Open Questions for Cognitive Load Research. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), Cognitive Load Theory. Cambridge University Press, New York, S. 153-177

Neumann, K. (2014). Rasch-Analyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin, S. 31-42

Robitzsch, A.; Kiefer, T. & Wu, M. (2022). TAM: Test Analysis Modules. R package version 4.1-4, https://CRAN.R-project.org/package=TAM

Stolzenberger, C., Frank, F. & Trefzger, T. (2022). Experiments for students with built-in theory: ‚PUMA: Spannungslabor' – an augmented reality app for studying electricity. In Physics Education, 57(4), 045024

Sweller, J.; van Merriënboer, J. J. G.; Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. Educational Psychology Review, 31, S. 261 – 292

Förderung

Die Julius-Maximilians-Universität Würzburg und das Projekt „Connected Teacher Education" wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Sabrina, Syskowski[1,2] [1]Universität Konstanz
Isabel, Preuß[3] [2]Pädagogische Hochschule Thurgau
Sandra, Berber[1,2] [3]Pädagogische Hochschule Weingarten

Projekt ARiELLE – Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments

Zusammenfassung. Augmented Reality (AR) ist eine zukunftsweisende Technologie, die sich in verschiedenen Lebensbereichen, einschließlich der Chemie, etabliert. Die Integration virtueller Elemente in die physische Realität ermöglicht interaktive Lernerfahrungen. Das ARiELLE-Projekt konzentriert sich auf die Gestaltung von AR-Lehr-Lernumgebungen für Experimente in der Chemie. Dabei werden verschiedene Aspekte der Realität in die AR-Umgebung integriert, um Schülern eine immersive und interaktive Lernerfahrung zu bieten. Erste Ergebnisse aus Experteninterviews deuten darauf hin, dass eine vereinfachte Darstellung der Teilchenebene und Anpassungen in der Visualisierung von Experimenten erforderlich sind. Die Platzierung von AR-Elementen beeinflusst das Blickverhalten der Schüler, während das Verständnis der chemischen Prozesse unabhängig von bestimmten Gestaltparametern zu sein scheint. Dieses Projekt trägt dazu bei, das Potenzial von AR in der Chemiebildung zu erforschen und zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich voranzutreiben.

Einleitung. Augmented Reality (AR) begegnet uns in verschiedenen Bereichen unseres Lebens, von Spielerfahrungen bis hin zu alltäglichen Aktivitäten wie dem Möbelkauf. Schülerinnen und Schüler könnten durch Spiele wie Pokémon Go bereits mit AR vertraut sein. Im Jahr 2022 hat die IUPAC AR als eine der zehn Zukunftstechnologien in der Chemie identifiziert.

AR ermöglicht die Integration virtueller Elemente in unsere physische Realität und passt somit zu Milgram et al.'s (1995) Konzept des "Reality-Virtuality Continuums," dass von der tatsächlichen Realität über AR, Augmented Vitality, bis hin zur virtuellen Umgebung reicht. Gleichzeitig können wir auch Azumas Definition (1997) in Betracht ziehen, die AR als eine Variante der VR betrachtet. Laut Azuma muss ein System drei wesentliche Merkmale aufweisen, um als AR zu gelten: die Kombination von realen und virtuellen Inhalten, Echtzeit-Interaktivität und eine 3D-Registrierung. In der Bildung kann AR in drei verschiedene Bereichen Anwendung finden, die sich zugleich aber auch überschneiden können. So kann das papierbasierte Lernen mit AR erweitert werden und Hilfen sowie Zusatzinformationen bereitgestellt werden. Zugleich können mittels AR-Experimente komplett nachgebaut oder in Verbindung mit realen Laborgeräten gebracht werden. ARiELLE (Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments) untersucht, wie die AR-Lehr-Lernumgebung für Experimente gestaltet sein sollte und wie sich diese Gestaltung auf verschiedene Aspekte der realen Umgebung auswirken kann. Durch die Integration von AR in den Chemieunterricht wird angestrebt, den Schüler:innen eine interaktive und immersive Lernerfahrung zu bieten.

Grundlagen und Ablauf des Projekts. Das Projekt basiert auf zwei Grundlagen. Zum einen wurde ein Review durchgeführt in dem 6 von 27 Studien zu AR mit Anreicherung von Experimenten im Fach Chemie identifiziert wurden (Abbildung 1). Dieses Review basierte auf einer Suche zwischen 2000 und 2022 in der Web of Science-Datenbank mithilfe der Software "Publish or Perish" (Harzing, 2007). Die folgenden Schlüsselwörter wurden verwendet: "Augmented Reality UND Chemie ODER Biologie ODER Physik ODER STEM ODER STE(A)M UND Experiment ODER Experiment*". In diesem Zusammenhang wurde ein deutlicher Bedarf im Bereich der Chemie festgestellt. Bisher wurden Experimente mithilfe von Augmented Reality (AR) erweitert oder umgesetzt, insbesondere in Bezug auf Labornutzung, Arbeitssicherheit im Labor, Redox-Reaktionen, Biochemie und Titration. Keine dieser Forschungsarbeiten setzt sich jedoch damit auseinander, wo Lehrkräfte das Potenzial von Augmented Reality (AR) erkennen und wie die Anwendung von AR die erzielten Ergebnisse beeinflussen kann. An diesem Punkt knüpft die zweite Grundlage und somit die erste Studie des Projekts ARiELLE an. Die Tatsache, dass Lehrkräfte in den Experimenten Potenzial für AR erkennen, zeigt, dass diese Technologie als wertvolles Werkzeug zur Verbesserung des Lernens in der Chemiebildung betrachtet werden kann. Sie zeigt auch, dass Lehrkräfte AR eine breite Anwendbarkeit und Relevanz in verschiedenen chemischen Themenbereichen beim Experimentieren zuschreiben. Dennoch bedarf es weiterer Forschung, um die Wirksamkeit von AR in verschiedenen Lernkontexten weiter zu belegen, ihre optimale Integration in den Bildungsprozess zu untersuchen und ihre Erscheinungsform zu erforschen (Syskowski et al., 2023). Das Projekt ARiELLE fokussiert sich auf die Entwicklung und Beforschung zweier Lernumgebungen, zum einen die „Titration von Schwefelsäure“. Bei der Titration ist der Indikatorumschlagspunkt auf makroskopischer Ebene beobachtbar und durch AR-Visualisierungen wird submikroskopisch der dynamische Prozess dargestellt. Der Kontext der Leitfähigkeit von Salzen und das dazugehörige Experiment, bei dem beispielsweise in destilliertem Wasser keine Leitfähigkeit mit einer LED gemessen wird, während dies in Salzwasser der Fall ist, werden durch ein Verständnis chemischer Prozesse begleitet und bilden die Grundlage für die zweite Lernumgebung.Um Lernenden dieses Verständnis zu ermöglichen, werden geeignete Experimente im Chemieunterricht durchgeführt. Dabei führt die Beobachtung zur Auswertung auf Basis von Modellen und ermöglicht eine Verbindung zwischen makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Ebene.

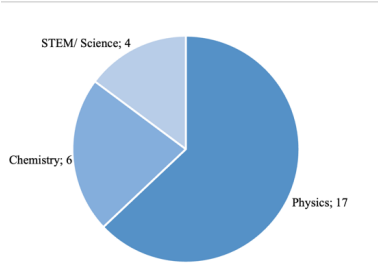


Abbildung 1 Verteilung der Fächer der AR Anreicherungen von Experimenten.

Es stellt sich die Frage, wie ein tabletgestütztes, digital und explizit mit Augmented Reality sowie Sensoren angereichertes Lernszenario für Experimente konzipiert sein kann und welche Auswirkungen die Gestaltparameter nach Krug et al. (2021) haben? Konkret untersuchen wir wie die Darstellung der Teilchenebene für den Versuch gestaltet sein sollte und welchen Einfluss die Änderung des Parameters „Inhaltliche Nähe zur Realität“ auf das Blickverhalten und Verständnis der Schüler:innen hat. Als Analyseinstrumente werden Interview und Eye-Tracking somit Video-, Test- und Audioaufnahmen verwendet.

Erste beispielhafte Ergebnisse. Um die Darstellung der Teilchenebene zu analysieren, wurden sechs leitfadenbasierte und teilstrukturierte Experteninterviews durchgeführt, umgesetzt mit drei Chemielehrkräften, einem Fachberater und zwei Fachleitern, mit einer Dauer von 1,5-2 Stunden. Aussagen wie: *SuS zudem nicht genau erkennen könnten, dass im Verlaufe der Reaktion das Oxonium-Ion ein Proton abgäbe (00:21:38 P5)* oder *Codierung der CPK-Farben befolgt wurde, da die SuS diese bereits kennen und dies das Verständnis erleichtern würde (00:25:09-00:33:06 P6)* führten zu einer Vereinfachung der Darstellung der Teilchenebene in Bezug auf die farbliche Darstellung und auf die Hydrathüllen bei der Titration und der Leitfähigkeit (Abbildung 2). In diesem Zusammenhang erhielt ein Experiment der Leitfähigkeitslernumgebung die Funktion, Ein- und Ausblenden der Wasserteilchen.

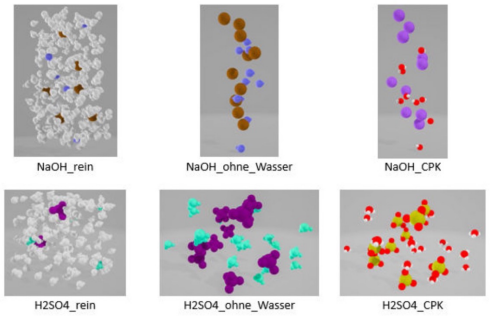


Abbildung 2 Entwicklung der Darstellung von der Teilchenebene der Edukte bei der Schwefelsäuretitration mit Natronlauge.

Bei einer Pilottestung mit 5 an Schüler:innen der 9. Klasse wurde angemerkt, dass bei der Leitfähigkeit von Salzen das Salzwasser als auch das Leitungswasser auf Teilchenebene in der AR visualisiert werden soll und nicht wie anfangs nur das Salzwasser. Dies wurde für die Hauptstudie entsprechend angepasst siehe Abbildung 3.

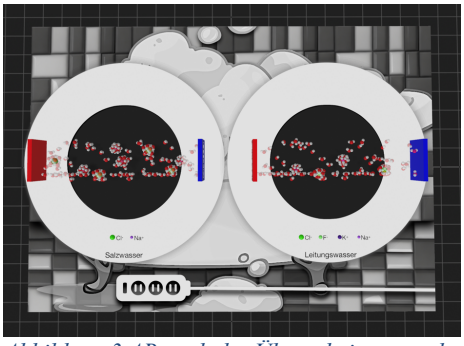


Abbildung 3 AR nach der Überarbeitung nach der Pilotstudie mit der Darstellung der Teilchenebene des Salzwassers und des Leitungswassers, hier mit Hydrathüllen.

Bezüglich der Untersuchung des Parameters „Inhaltliche Nähe zur Realität“ wurde die Platzierung der Teilchenebene in Bezug auf das Experiment Titration angeschaut. Version 1: die Legende und Teilchenebene sind links vom realen Experiment platziert. Version 2: die Legende ist linsk und die Teilchenebene rechts vom realen Experiment platziert. 72 Schüler:innen der 10. Klasse von Gymnasien aus Baden-Württemberg nahmen an der Studie teil. Diese Teilnahme beinhaltete eine 45 min Einzelunterrichtsstunde, bei der sie die Glasses3 bei der Durchführung einer Titration und ihrer Auswertung begleitete und somit Eye-Tracking-Daten aufgenommen wurden. Ein erster Blick in die Daten (12 Eye-Tracking-Daten) lassen darauf schließen, dass die Darstellung in Version 2 das Experiment stärker betrachten lässt, wenn die Teilchenebene und die Legende betrachtet wurden. Das Verständnis und die korrekte Aufstellung der Reaktionsgleichung bei der Titration scheinen unabhängig von Version 1 oder 2.

Diskussion und Ausblick. Ein angestrebtes Ziel, die Erstellung von AR, die Experimente unterstützt wurden umgesetzt, deren Veröffentlichung noch aussteht. Die Studien wurden durchgeführt und die Materialien stehen zur Auswertung bereit. Werden die ersten Eindrücke durch die anderen Daten bestätigt?

Danksagung. Das Projekt ARiELLE – Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments wird von der Joachim Herz Stiftung im Rahmen des Programms "Kolleg Didaktik:digital" finanziert. Wir sind außerordentlich dankbar für die umfassende Unterstützung unseres Projekts. Darüber hinaus möchten wir den beteiligten Lehrkräften für ihre Begleitung bei der Entwicklung der AR-Anwendung und die Durchführung der Studien an den Schulen danken, ebenso wie den Schüler:innen für ihre Teilnahme.

Literatur

Azuma, R. T. (1997). "A survey of augmented reality." Presence: teleoperators & virtual environments **6**(4): 355-385.

Krug, M., Czok, V., Weitzel, H., Müller, W., & Huwer, J. (2021). Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: ein Review.

Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom—Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, *13*(10), 1016. https://doi.org/10.3390/educsci13101016

Milgram, P., et al. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and telepresence technologies, Spie.

Paul P. Martin[1]
David Kranz[1]
Peter Wulff[2]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Tiefgreifende Analyse von Argumenten in der Organischen Chemie mit maschinellem Lernen

Ausgangslage

Das Bilden evidenzbasierter Argumente ist für die Entwicklung von Kommunikations- und Bewertungskompetenzen essenziell (Toulmin, 2003). In der Organischen Chemie sollten Studierende beispielsweise die Plausibilität verschiedener Reaktionswege beurteilen können, was jedoch zu Herausforderungen führt (Lieber & Graulich, 2020, 2022). Zu diesen Herausforderungen zählen das kohärente Strukturieren von Argumenten sowie die Integration chemischer Konzepte in Begründungen (Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann & Graulich, 2022a). Um die Argumentationskompetenzen von Studierenden folglich longitudinal zu erfassen und zu fördern, bedarf es formativer Lernstandserhebungen, die mit offenen Aufgabenformaten das Bilden evidenzbasierter Argumente anleiten. Die manuelle Auswertung all dieser offenen Aufgaben ist jedoch nicht nur ressourcenintensiv, sondern auch konzeptionell schwierig, weswegen sich Methoden des maschinellen Lernens zur automatisierten Auswertung anbieten. Maschinelles Lernen ist ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz, der Computersysteme ohne explizite Programmierung dazu befähigt, aus Daten zu lernen, Muster zu erkennen und Vorhersagen oder Entscheidungen zu treffen (Mitchell, 1997). Neben der automatisierten Auswertung von Freitext-Antworten bieten Methoden des maschinellen Lernens datengetriebene Einblicke in die Argumentationskompetenzen von Studierenden, was wiederum eine erweiterte Diagnose ermöglicht (vgl., Martin & Graulich, 2023; Zhai, Yin, Pellegrino, Haudek & Shi, 2020).

Studiendesign

Um die Argumentationskompetenzen von Studierenden der Organischen Chemie zu fördern, entwickelten Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann und Graulich (2022a, 2022b) eine adaptive Lernumgebung, in der Studierende die Plausibilität alternativer Reaktionsprodukte beurteilen mussten. Alternative Reaktionsprodukte sind in der Organischen Chemie aufgrund miteinander konkurrierender Reaktionswege möglich, was schließlich zu mehr oder weniger plausiblen Reaktionsprodukten führt. Die Argumentation über alternative Reaktionsprodukte erfordert die Integration verschiedener chemischer Konzepte, die gegeneinander abgewogen werden müssen, um evidenzbasierte Argumente sowie Gegenargumente aufzubauen (Lieber & Graulich, 2022; Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann, Graulich, 2022a; Watts, Park, Petterson & Shultz, 2022). Folglich bietet dieser Ansatz das Potenzial, Argumentationskompetenzen langfristig zu fördern. In der dazu von Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann und Graulich (2022a, 2022b) entwickelten Lernumgebung entscheiden Studierende, ob das gezeigte Reaktionsprodukt plausibel ist, woraufhin sie diese Entscheidung mit Belegen und Begründungen rechtfertigen müssen. Mit diesem Aufgabenformat konnten Studierende ihre Argumentationskompetenzen signifikant verbessern (Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann und Graulich, 2022a).

Methodischer Hintergrund und Forschungsfragen

Die in diesem Tagungsband-Beitrag vorgestellte Analyse von Argumenten in der Organischen Chemie baut auf das Studiendesign von Lieber, Ibraj, Caspari-Gnann und Graulich (2022a) auf und ist in der *computational grounded theory* verankert (Carlsen & Ralund, 2022; Nelson, 2020). *Computational grounded theory* greift auf den traditionellen Ansatz der *grounded theory* zurück, mit deren Hilfe komplexe Theorien induktiv aus Daten abgeleitet werden können. *Grounded theory* erfordert jedoch subjektive Annahmen in der Interpretation von Daten, was zu voreingenommenen Entscheidungen und begrenzter Anwendbarkeit für unstrukturierte Datensätze führen kann. Um diese Einschränkungen abzuschwächen, kombiniert *computational grounded theory* qualitative Forschung mit computergestützten Methoden, um große Datenmengen systematisch für die induktive Generierung von Theorien zu analysieren. Konkret schlägt *computational grounded theory* vier Schritte zur Datenanalyse vor, welche mit *Mustererkennung*, *Musteranpassung*, *Musterbestätigung* und *Musteraufklärung* bezeichnet werden können (Carlsen & Ralund, 2022; Martin, Kranz, Wulff & Graulich, 2023; Nelson, 2020; Tschisgale, Wulff & Kubsch, 2023).

Angelehnt an den methodischen Rahmen der *computational grounded theory* werden in diesem Tagungsband-Beitrag die folgenden Forschungsfragen (FF) beantwortet.

FF1: Welche literaturbasierten Eigenschaften sind in der datengetriebenen Analyse von schriftlichen Argumenten über alternative Reaktionsprodukte zu finden?

FF2: Mit welcher Reliabilität und Validität können die gefundenen literaturbasierten Eigenschaften automatisiert ausgewertet werden?

Eine detaillierte Beantwortung dieser Forschungsfragen ist in Martin, Kranz, Wulff & Graulich (2023) zu finden.

Ergebnisse zu FF1: Mustererkennung und Musteranpassung

Mithilfe des Clustering-Verfahrens *Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (HDBSCAN) (McInnes, Healy & Astels, 2017) wurden die insgesamt 1108 Argumente, die von 64 Studierenden der Organischen Chemie II verfasst wurden, klassifiziert. Dabei konnten insgesamt 22 unterschiedliche Cluster extrahiert werden, welche im Anschluss qualitativ analysiert wurden. Innerhalb der Cluster argumentierten die Studierenden über vier unterschiedliche Themen: *Ionen und Substrate*, *Nukleophile und Elektrophile*, *Säuren und Basen* sowie *Thermodynamik und Kinetik*. Die Identifikation dieser Themen zeigt, dass die Studierenden unterschiedliche chemische Konzepte in ihre Argumentation einbetten konnten.

HDBSCAN erkannte über alle Argumente hinweg jedoch 22 unterschiedliche Cluster, weswegen dieses Verfahren die Argumente nach weiteren Merkmalen differenzierte, die während der ersten qualitativen Analyse noch nicht ersichtlich waren. Neben den Themen der Argumentation spiegelten die Cluster nämlich auch den Grad der Kausalität der angewandten chemischen Konzepte von *deskriptiv* über *relational* bis hin zu *kausal* wider (Sevian & Talanquer, 2014). Zudem verdeutlichten die Cluster auch die Tiefe der Argumentation, welche mit *phänomenologisch*, *elektronisch*, *strukturell* und *energetisch* beschrieben werden konnte (Bodé, Deng & Flynn, 2019; Deng & Flynn, 2021).

Insgesamt wird deutlich, dass mithilfe von HDBSCAN nicht nur die Themen, sondern auch der Grad der Kausalität und Tiefe der schriftlichen Argumente abgebildet werden konnte. Folglich umfassten die Ergebnisse der Cluster-Analyse die Themen *und* Komplexität der Argumentation. Auf Basis dieser Erkenntnisse konnte ein geeigneter theoretischer Rahmen für die Analyse der Argumente ausgewählt und erweitert werden. Eine Anwendung dieses

theoretischen Rahmens für die Datenauswertung zeigte schließlich, dass Studierende auf unterschiedliche chemische Konzepte und Argumentationsmuster zurückgreifen, um über die Plausibilität derselben Reaktionsprodukte zu argumentieren. Dabei konstruierten die Studierenden überwiegend *deskriptive* oder *relationale* Argumente. Während ein *struktureller* Fokus des Weiteren häufiger gesetzt wurde als ein *energetischer* Fokus, hing die Einbeziehung *elektronischer* Eigenschaften vom gegebenen Reaktionskontext ab.

Ergebnisse zu FF2: Musterbestätigung und Musteraufklärung

Zur automatisierten Auswertung der gefundenen Argumentationsmuster wurde der Datensatz im Verhältnis 65/15/20 in einen Trainings-, Validierungs- und Testdatensatz aufgeteilt. Der Trainingsdatensatz diente zum Training eines künstlichen neuronalen Netzwerkes – einer fortgeschrittenen Technik des maschinellen Lernens –, der Validierungsdatensatz diente der Kalibrierung dieses Netzwerks und der Testdatensatz diente der Bewertung der Modellgüte. Zur Analyse der schriftlichen Argumente wurde das große Sprachmodell *BERT-large-uncased* verwendet. Insgesamt konnten die Argumente mit dem so entwickelten algorithmischen Entscheidungssystem über alle 20 finalen Argumentationsmuster hinweg mit einer Reliabilität von 87% und einem Cohen's κ von 0.86 klassifiziert werden.

Um darüber hinaus das algorithmische Entscheidungssystem zu validieren, wurde mithilfe von *SHapley Additive exPlanations* (SHAP) (Lundberg & Lee, 2017) überprüft, ob die vom algorithmischen System gefundenen Entscheidungsregeln mit menschlichen Bewertungsansätzen übereinstimmen. In zahlreichen Kategorien konnte festgestellt werden, dass die Worte, die das algorithmische System zur Entscheidungsfindung nutzt, mit den im Vorhinein festgelegten menschlichen Bewertungskriterien übereinstimmen. In Kategorien, die nur mit geringerer Reliabilität ausgewertet werden konnten, lag eine Übereinstimmung zwischen menschlichen und maschinellen Bewertungsansätzen jedoch nicht vollends vor. Um diese beobachteten Diskrepanzen zu reduzieren und die Validität des algorithmischen Entscheidungssystems zu erhöhen, wurden weitere Trainingsdaten gesammelt.

Fazit, Implikationen und Ausblick

Unter Rückgriff auf den methodischen Rahmen der *computational grounded theory* konnten Methoden des maschinellen Lernens genutzt werden, um eine tiefgreifende Analyse der Argumentation von Studierenden in der Organischen Chemie zu erreichen. Die Ergebnisse der durchgeführten Studie haben gezeigt, dass…

- …die Anwendung eines Clustering-Verfahrens wie HDBSCAN dazu geeignet ist, die Themen *und* Komplexität der Argumentation von Studierenden zu bewerten.
- …die datengetriebenen Cluster bereits zahlreiche literaturbasierte Dimensionen widerspiegeln, sodass eine Klassifizierung in ein Cluster ein guter Vorhersagefaktor für eine bestimmte literaturbasierte Kategorie ist.
- …künstliche neuronale Netzwerke zur Automatisierung von komplexen, holistischen Bewertungsschemata geeignet sind.
- …Methoden des White-Boxing von Algorithmen wie SHAP genutzt werden können, um neben der Reliabilität von Algorithmen auch deren Validität aufzuklären.

Das so entwickelte algorithmische Entscheidungssystem kann zukünftig genutzt werden, um adaptives Lernen longitudinal über ein Semester in der Lehre der Organischen Chemie zu realisieren. Dabei können Studierende zu verschiedenen Zeitpunkten die Plausibilität alternativer Reaktionsprodukte beurteilen, woraufhin eine automatisierte Auswertung der Freitext-Antworten und eine Zuweisung individueller Lernangebote erfolgen kann.

Literatur

Carlsen, H. B., & Ralund, S. (2022). Computational grounded theory revisited: From computer-led to computer-assisted text analysis. Big Data & Society, 9 (1), 20539517221080146

Deng, J. M., & Flynn, A. B. (2021). Reasoning, granularity, and comparisons in students' arguments on two organic chemistry items. Chemistry Education Research Practice, 22 (3), 749-771

Lieber, L. S., & Graulich, N. (2020). Thinking in Alternatives—A Task Design for Challenging Students' Problem-Solving Approaches in Organic Chemistry. Journal of Chemical Education, 97 (10), 3731-3738

Lieber, L. S., & Graulich, N. (2022). Investigating students' argumentation when judging the plausibility of alternative reaction pathways in organic chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 23 (1), 38-53

Lieber, L. S., Ibraj, K., Caspari-Gnann, I., & Graulich, N. (2022a). Closing the gap of organic chemistry students' performance with an adaptive scaffold for argumentation patterns. Chemistry Education Research and Practice, 23 (4), 811-828

Lieber, L. S., Ibraj, K., Caspari-Gnann, I., & Graulich, N. (2022b). Students' Individual Needs Matter: A Training to Adaptively Address Students' Argumentation Skills in Organic Chemistry. Journal of Chemical Education, 99 (7), 2754-2761

Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), Advances in neural information processing systems 30. Long Beach: Curran Associates, Inc., 4765–4774

Martin, P. P., & Graulich, N. (2023). When a machine detects student reasoning: a review of machine learning-based formative assessment of mechanistic reasoning. Chemistry Education Research and Practice, 24 (2), 407-427

Martin, P. P., Kranz, D., Wulff, P., & Graulich, N. (2023). Exploring new depths: Applying machine learning for the analysis of student argumentation in chemistry. Journal of Research in Science Teaching. Early view article. https://doi.org/10.1002/tea.21903

McInnes, L., Healy, J., & Astels, S. (2017). hdbscan: Hierarchical density-based clustering. Journal of Open Source Software, 2 (11), 205–206

Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. New York: McGraw Hill

Nelson, L. K. (2020). Computational grounded theory: A methodological framework. Sociological Methods & Research, 49 (1), 3–42

Toulmin, S. E. (2003). The uses of argument (Rev. Ed.). Cambridge: Cambridge University Press

Tschisgale, P., Wulff, P., & Kubsch, M. (2023). Integrating artificial intelligence-based methods into qualitative research in physics education research: A case for computational grounded theory. Physical Review Physics Education Research, 19 (2), 020123-1-020123-24

Watts, F. M., Park, G. Y., Petterson, M. N., & Shultz, G. V. (2022). Considering alternative reaction mechanisms: Students' use of multiple representations to reason about mechanisms for a writing-to-learn assignment. Chemistry Education Research and Practice, 23 (2), 486–507

Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. Studies in Science Education, 56 (1), 111-151

Johannes Huwer[1,2] [1] Universität Konstanz
Lars-Jochen Thoms[1,2] [2]Pädagogische Hochschule Thurgau
Lena von Kotzebue[3] [3]Paris Lodron Universität Salzburg
Till Bruckermann[4] [4]Leibniz Universität Hannover
Alexander Finger[5] [5]Universität Leipzig
Erik Kremser[6,1] [6]Technische Universität Darmstadt
Christoph Thyssen[7] [7]RPTU Kaiserslautern
Monique Meier[8] [8]Technische Universität Dresden
Sebastian Becker-Genschow[9] [9]Universität zu Köln

KI-relevante Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften im DiKoLAN - A Sneak Peak

Künstliche Intelligenz (KI) hat bereits Einzug in den Lebens- und Arbeitsalltag gehalten. Als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts wird ihr Einfluss auf unsere Gesellschaft in der nahen Zukunft noch weiter zunehmen. Dies gilt insbesondere auch für das Bildungssystem. Und dies betrifft alle Ebenen, von der schulischen über die universitäre bis zur Erwachsenenbildung. Dabei haben KI-basierte Anwendungen große Potenziale, Lehr-Lernprozesse zu verbessern und Tätigkeiten von Lehrenden effizienter zu gestalten. Bezogen auf die Einsatzmöglichkeiten von KI im schulischen Bereich identifiziert die Studie „KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz“ (Deutsche Telekom Stiftung, 2021) drei Ebenen, auf denen KI-Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen wirken können. Auf der Mikro-Ebene des einzelnen Lernenden sind dies z. B. „Selbstgesteuertes Lernen“ oder „Üben und Trainieren“, auf der Meso-Ebene der Klasse u. a. „Lernstandsanalysen“ und „Individuelle Förderung“ und auf der Makro-Ebene der Schule u. a. „Leistungsprognosen“ und „Schulplanung“. Hervorzuheben ist jedoch, dass mit diesen Möglichkeiten auch nicht zu vernachlässigende Risiken einhergehen. Man denke nur an Datenschutz und -sicherheit oder eine mögliche Benachteiligung von bestimmten Personengruppen („Bias“) durch z. B. fehlerhafte Trainingsdaten. So bedarf es insbesondere im schulischen Bereich, mit Schülerinnen und Schülern als vulnerable Zielgruppe, KI-Systeme, welche vertrauenswürdig sind und fair entscheiden. Lehrkräfte stehen damit in der Verantwortung, falls solche Systeme in der Schule eingeführt und genutzt werden sollen. So sehen es auch die Autoren der ethischen Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr-Lernzwecke (Europäische Kommission, 2022), sie konstatieren: „Lehrkräfte und Schulleitungen spielen eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Einführung von KI-Systemen und der Erkennung der potenziellen Vorteile digitaler Daten im Bildungswesen. Deshalb ist es von Bedeutung, dass Lehrkräfte und Schulleitungen die Chancen und Herausforderungen der Nutzung von KI-Systemen kennen und verstehen und wissen, wie sie das Lehren, Lernen und Bewerten verbessern können.“ Solche Kompetenzen müssen kumulativ entwickelt werden, weshalb solche KI-bezogenen Kompetenzen in alle Phasen der Lehrkräftebildung zu integrieren sind. Dem stimmt auch die Kultusministerkonferenz zu: In der Ergänzung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ wird festgehalten (KMK, 2021): „Dementsprechend sollte die Lehrerbildung angepasst werden, […] um […] zukunftsweisende Kompetenzen in den Handlungsfeldern Künstliche Intelligenz, Big Data, automatisierte Entscheidungssysteme, virtuelle Realität, und Datenschutz […] integrieren zu können.“ Neben der reinen Kompetenzvermittlung kann eine solche Integration auch den positiven Effekt haben, dass Ängste und Vorbehalte gegenüber dieser

neuen Technologie bei (angehenden) Lehrkräften abgebaut und so die Bereitschaft der Implementation in den regulären Unterricht erhöht werden. Allerdings bedarf es dazu einer phasen- und fachspezifischen Konkretisierung der entsprechenden KI-bezogenen Kompetenzen, sodass ein transparenter und kumulativer Kompetenzaufbau über alle drei Phasen der Lehrkräftebildung möglich wird.

Künstliche Intelligenz erfordert mehr als technisches Wissen

Der Orientierungsrahmen DiKoLAN (Becker et al., 2020) dient zur systematischen Erfassung von digitalen Basiskompetenzen angehender Lehrpersonen in den Naturwissenschaften, welcher konkret operationalisierte und fachspezifische Kompetenzerwartungen aufzeigt. Diese dienen nicht nur zum Abgleich des Kompetenzstands in einem der Kompetenzbereiche (z. B. im DiKoLAN-Grid, von Kotzebue et al., 2021), sondern sind zugleich auch Strukturierungshilfe für eine koordinierte Lehre im Sinne eines spiralcurricularen Kompetenzaufbaus (von Kotzebue et al., 2021). Dem Orientierungsrahmen DiKoLAN liegt als strukturgebendes Modell (u. a.) das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006) zugrunde, wobei erste Aspekte der Digitalität insbesondere im Bereich TPK expliziert wurden (Huwer et al., 2019).

Jedoch sind die Implikationen und Transformationen von KI in allen Lebensbereichen, insbesondere im Bereich der Gesellschaft derart grundlegend, dass das TPACK-Modell allein nicht mehr ausreicht, um die Facetten der KI zu erfassen (Mishra et al., 2023). Im Kontext von DiKoLAN bedeutet dies, dass gerade im Fall von KI „Technological Knowledge (TK)", "Technological Content Knowledge (TCK)", "Technological Pedagogical Knowledge (TPK)", "Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)" nicht alleinig im Vordergrund stehen, sondern vielmehr deren Schnittbereiche mit „Sociocultural Knowledge" (SCK) im Sinne der Digitalität berücksichtigt werden müssen. Der Perspektive des DPACK Modells von Thyssen et al. (2023) folgend, sollten diese Aspekte bei der Reflexion von KI in Bezug auf ihre Bedeutung und Konsequenzen für Kompetenzbereiche in DiKoLAN mitgedacht werden.

Bisher wird KI als spezielle Technologie im DiKoLAN noch nicht berücksichtigt, sodass hier erläutert werden soll, wie KI-bezogene Kompetenzen (angehender) Lehrpersonen in den Naturwissenschaften ergänzend zu den bereits in DiKoLAN formulierten Kompetenzen beschrieben werden können.

DiKoLAN-KI

Betrachtet man die tiefgehenden expliziten und impliziten Transformationsprozesse, welche mit dem Fortschritt auf dem Gebiet der KI einhergehen, so stellt sich die Frage, wie die KI-bezogenen Kompetenzen (angehender) Naturwissenschaftslehrpersonen berücksichtigt werden können. Sollte DiKoLAN um einen weiteren Kompetenzbereich „Künstliche Intelligenz" erweitert werden? Die Grundlage der Strukturierung der Kompetenzbereiche von DiKoLAN ist die Tätigkeit unterrichtlichen Handelns. Da „Künstliche Intelligenz" als Bezugsthema allein keine unterrichtliche Handlung, sondern vielmehr eine Technologie ist, ist es sinnvoller, relevante KI-bezogene Kompetenzen als konkrete, operationalisierte Einzelkompetenzen innerhalb der Kompetenzbereiche von DiKoLAN zu erfassen. Das Ergebnis dieses Vorgehens zeigt, dass die Kategorien von DiKoLAN als Betrachtungsweise für eine auf naturwissenschaftlichen Unterricht bezogene Reflexion einer neuen Technologie wie KI erfolgreich anwendbar sind und damit Lehramtsausbildung auch für zukünftige Technologien strukturieren kann.

Entsprechend lassen sich analog zum Vorgehen in der Genese des Basis-DiKoLAN Kompetenzerwartungen formulieren und nach Kompetenzbereichen, Kompetenzniveaus und Schwerpunkten und dem TPACK/DPACK-Modell strukturieren. Beispielhaft soll dies hier an drei spezifischen Kompetenzerwartungen aus dem Kompetenzbereich *Simulation und Modellierung* aufgezeigt werden:

DiKoLAN-KI – Simulation und Modellierung – Fachwissenschaftlicher Kontext (DCK) – Nennen
"Nennen mehrere fachwissenschaftliche Szenarien, in denen KI-unterstützte Simulationen genutzt werden."

DiKoLAN-KI – Simulation und Modellierung – Unterrichten (DPACK) – Nennen
"Nennen Szenarien für den sachgerechten Einsatz KI-basierter Simulationen und Modellierungen, geeignete Software sowie Strategien zum Einsatz in spezifischen Lehr-Lern-Szenarien."

DiKoLAN-KI – Simulation und Modellierung – Unterrichten (DPACK) – Anwenden/Durchführen
"Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung von KI-unterstützten Simulationen oder Modellierungen unter Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen."

Fazit
Lehrpersonen werden zukünftig umfassende Kompetenzen im Umgang mit und im Einsatz von KI in Unterricht und Schule benötigen. Für den Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern werden fachübergreifende sowie auch fachspezifische KI-bezogene Kompetenzen benötigt. Der Orientierungsrahmen DiKoLAN kann als effizientes und für digitalisierungsbezogene Kompetenzen etabliertes Hilfsmittel für die strukturelle Gliederung und curriculare Verortung KI-bezogener Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehrberufsstudium dienen.

Literatur

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. v. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Eds.), Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften (pp. 14-43). Joachim-Herz-Stiftung.

Deutsche Telekom Stiftung. (2021). KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz. Elektronisch. Zugriff am 27.09.2023 auf https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI Bildung Schlussbericht.pdf

Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur. (2022). Ethische Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr- und Lernzwecke. Elektronisch. Zugriff am 27.09.2023 auf https://data.europa.eu/doi/10.2766/494

Kultusministerkonferenz. (2021). Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Zugriff am 27.09.2023 auf https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK - Digitalisierung des Unterrichts erfordert mehr als technisches Wissen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht(5), 358-364.

Kotzebue, L. v., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T., & Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. education sciences, 11(12), 775. https://www.mdpi.com/2227-7102/11/12/775

Mishra, P. & Koehler, M (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. The Teachers College Record 108(6), 1017-1054.

Mishra, P., Warr, M., & Islam, R. (2023). TPACK in the age of ChatGPT and Generative AI. Journal of Digital Learning in Teacher Education, 39(4), 235-251. https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480

Benjamin Niehs[1]
Barbara Falk[1]
Robin Kröger[1]
Iris Günthner[1]
Sebastian Becker-Genschow[1]
Benjamin Rott[1]
Alexander Strahl[2]
André Bresges[1]

[1]Universität zu Köln
[2]PLUS Salzburg

Transparenter Einsatz von generativer künstlicher Intelligenz- Der Einfluss von KI in Lehr-Lernprozessen

Das Autorenteam der Europaschule Bornheim (EuBo) und der Universitäten zu Köln und Salzburg erforschen den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) auf allen Ebenen des Bildungsprozesses. Studierende eines fachdidaktischen Seminars nutzen generative KI (ChatGPT, Perplexity und Midjourney), um Informationen zu recherchieren und zusammenzustellen, Texte zu übersetzen, Grafiken zu erstellen und Medien für eine Unterrichtsreihe an der Europaschule Bornheim zu entwickeln. In diesem Zusammenhang sollte die Forschungsfrage: "*Inwiefern profitieren Lehramtsstudierende (Fachwissen, Interesse, Emotionen und Sprechsensibilität) von der Unterstützung durch generative KI bei der Vorbereitung von Unterrichtsstunden?*" beantwortet werden. Dem Design Based Research (DBR) (Sonalkar, 2016) Ansatz folgend wurden in der Pilotphase exemplarisch Unterrichtseinführungen, unter Berücksichtigung der Global Goals (Global Goals, 2023) sowie dem 6E-Modell (Henze, 2022), mit generativer KI erstellt. Das 6E-Modell beinhaltet Konzepte des forschenden Lernens und beschreibt den Unterricht als vollständige Lernhandlung. Die einzelnen sechs Phasen des Modells beschreiben die vollständige Lernhandlung. Diese Phasen dieses Modells sind Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate (Bybee, 2009, S.5f.) und Exchange (Henze, 2022). Der Hauptfokus liegt auf der

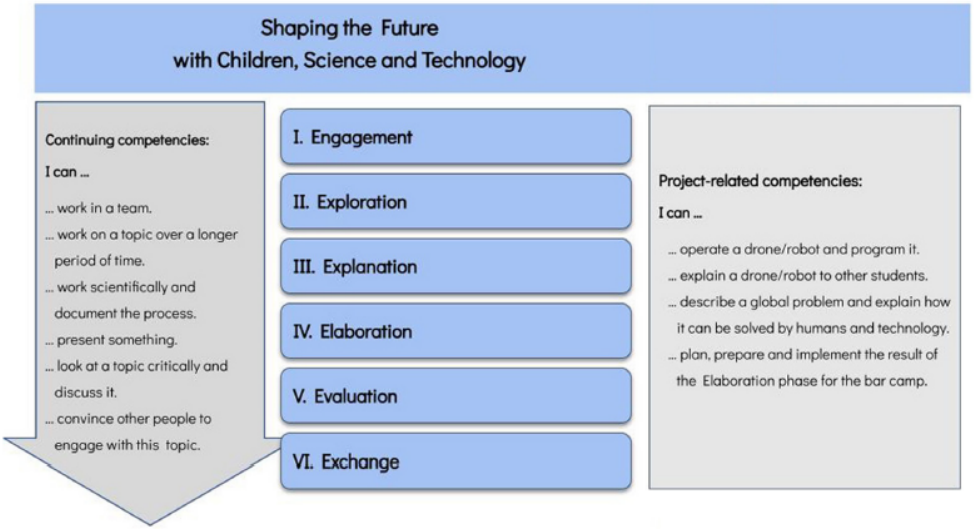


Abb. 1 6E-Modell

Engage-Phase. Im Detail wurden Kurzgeschichten (Storytellings) für Stundeneinstiege kooperativ von Studierenden mit ChatGPT 3.5 erstellt. Lernende haben mehr Emotionen und können sich bis zu 22- mal besser erinnern (Aaker, 2013), wenn mit einer Geschichte, welche Emotionen und Erlerntes verknüpft (Müllner, 2020), eingestiegen wird und. Deshalb eignen sich Storytellings besonders für den Transport von erlerntem Wissen (Kerber, 2017).
Die Studierenden arbeiteten dabei transparent und für den gesamten Kurs einsehbaren Serversystemen (Discord Abb.2), die KI-Werkzeuge zur Verfügung stellen, zusammen, tauschten ihre Prompts und Ergebnisse im Seminar aus und dokumentierten ihre Ziele, Ansätze, Entscheidungen und Testergebnisse in einem Portfolio. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit in einem methodenübergreifenden Ansatz vorgestellt.

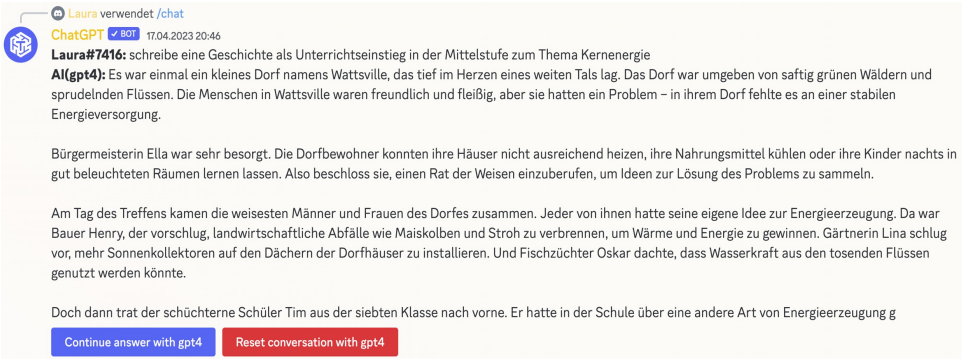


Abb. 2: Erstellen einer Story zum Stundeneinstieg mit dem ChatGPT Bot in dem Discord Serversystem

Dabei wird sowohl eine qualitative Evaluation des Einsatzkonzeptes als auch eine quantitative Evaluation durchgeführt. In dieser Mix-Method-Methode wurden vier Stundeneinstiege (Storytellings) von Studierenden mit ChatGPT erstellt. Der erstellte Einstieg soll dazu dienen, ein Thema einzuführen. Es ist zu bemerken, dass es sich hier um einen vorwärts gerichteten Einstieg handelt (Sauer, 2018, S.105). Der qualitative Teil bezieht sich auf die Beurteilung der KI (ChatGPT und Midjourney) durch die Studierenden. Die Beurteilung von den Studierenden wurde durch Interviews und 18 Empathy Maps (Jones, 2017) durchgeführt. Die vier Interviews (ein Interview pro Story) wurden nach der Methode von Mayring (2022) analysiert und in Kategorien charakterisiert. Bei der Erstellung des Interviewleitfadens wurde sich an Helfferichs SPSS-System (Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren) orientiert und mit dessen Hilfe die ersten Ideen zu dem fertigen Interviewleitfaden überführt (Helfferich, 2011, S. 182). Diese Interviews wurden mit Zoom aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die Zuordnung der Interviewsegmente zu den einzelnen Kategorien und Unterkategorien wurden mittels des Programmes MAXQDA durchgeführt.
Die Studierenden wendeten ChatGPT vielseitig, fächerübergreifend und für die Erstellung von Unterrichtseinheiten an. Sie gaben an, dass präzises Formulieren der Prompts großen Einfluss auf das Endprodukt ausübt. Dies wird daran deutlich, dass bestimmte Ausdrücke durch die KI anders benutzt wurden, als sie in der Fachsprache vorkommen. Die Rechtschreibung und Grammatik wurden von den Studierenden in den Storys nachgebessert. Positive Aspekte in dem Umgang mit der KI für Studierende waren beispielsweise: KI als Inspirationsquelle, grobe Ablaufplanungen und Generieren von adäquaten Beispielen für Aufgaben im Unterricht. Hierbei sind alle KI-Einstiege kürzer als die vorgeschriebene maximal Dauer von acht Minuten Pyczak, T. (2020). Obwohl die KI zu keinen Emotionen fähig ist, schafft sie es

vermutlich emotionale Elemente in die geschriebenen Geschichten für Lernenden zu transportieren. Nichtsdestoweniger hatten die erstellen Geschichten der KI zumeist ein positives Ende. Durch gezieltes Prompting der Studierenden mussten in den Storys lediglich die Vermittlung der physikalischen Fachsprache und die Sprach-sensibilität nachgearbeitet werden. Die Storys waren im Allgemeinen zu oberflächlich und forderten die Zu-hörenden nicht zu aktivem Handeln auf. Die KI kann weder auf den Wissensstand noch auf die Vor-erfahrungen der Lernenden eingehen und dementsprechend einen adressaten-gerechten Output generieren.

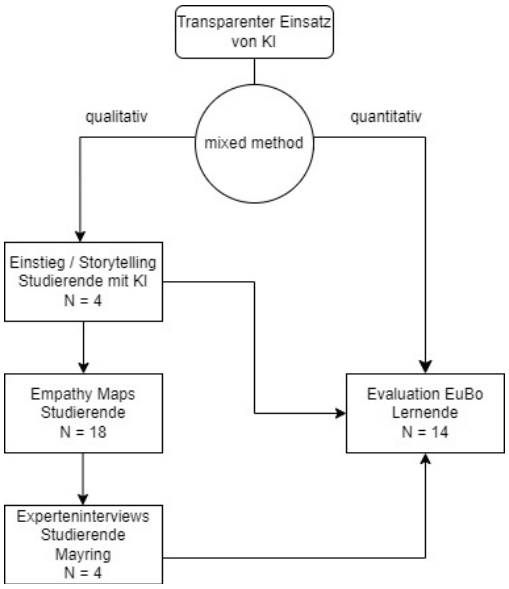


Abb. 3 F*orschungsmethodik*

Aus diesen vier Unterrichts-einführungen wurde ein Einstieg für eine multiperspektivische Pro und Contra Unterrichtsstunde über Kernenergie und ihre Nachhaltigkeit ausgesucht. Auf Basis der Geschichte zur Kernenergie und den qualitativen Ergebnissen wurde eine quantitative Pilotstudie (N=14 aus drei Klassen 1x8ter und 2x10er) an der Europaschule Bornheim durchgeführt. Im Rahmen einer Unterrichtsstunde über Kernenergie wurde zu Beginn ein Pre-Test über die Themen (Wissen, Emotionen, Aufmerksamkeit, Interesse) erhoben. Im Anschluss wurde, der von ChatGPT erstellte Stundeneinstig von der Lehrperson vorgelesen und danach ein zweites Mal evaluiert. Die Lernenden wussten nicht, dass der Text von ChatGPT geschrieben wurde. Die Pilotstudie wurde in Microsoft Forms durchgeführt, da hier der Datenschutz gegeben ist. Zudem bietet Forms die Möglichkeit, die Daten in einer Exel-Tabelle auszugeben, welche direkt mit SPSS ausgelesen werden können. Die hier nur deskriptiv dargestellten Ergebnisse der quantitativen Pilotstudie der Lernenden zufolge entsteht für die Lernenden keine inhaltliche und methodische Überfrachtung. Die Länge des Einstiegs wird im Allgemeinen als zu kurz von den, sowohl von den Lernenden als auch von den Studierenden empfunden. Dies hat zu Folge, dass der Lernprozess der Lernenden nicht sonderlich angeregt wurde, obwohl sich die Lernenden mit dem Thema inhaltlich beschäftigt haben. Trotzdem zeigt empirische Studie, dass die KI generierte Story keinen negativen Einfluss auf das Interesse hat. Eine Verminderung der Bereitschaft sich mit Themen zur Kernenergie zu beschäftigen konnte nicht nachgewiesen werden. Die Storys wurden zwar teilweise als nicht aktivierend/motivierend empfunden, dennoch lassen weitere Erkenntnisse

aus der Pilotstudie vermuten, dass generative KI-Stundeneinstiege durch gezieltes Prompting zeiteffizienter schreiben, kann als Menschen. In folgenden Studien bleibt zu zeigen, dass die Stundeneinstiege bei den Lernenden die Gleichen Effekte und Qualitäten haben, wie Stundeneinstiege, die von Menschen geschrieben sind.

Literatur

Aaker, J (2013). Harnessing the Power of Stories, Stanford Graduate School of Business.

Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills.

Global Goals. (o.D.). The Global Goals. Abgerufen am 02. August 2023

Helfferich, C. (2011). Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews (4. Aufl.). Wiesbaden: VS-Verlag.

Heering, P. (2013). Storytelling als Zugang zur Bildung in den Naturwissenschaften. PhyDid-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Heering, P. (2015). Storytelling im Physikunterricht. Ein Ansatz zum Einbezug physik-geschichtlicher Inhalte. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 64(6), 13-17.

Heering, P. (2022) Was ist Physik? In Hopf, M., Schecker, H., Höttecke, D. & Wiesner, H. (Hrsg.), Physikdidaktik kompakt (S. 9-15). Hannover: Aulis Verlag in Friedrich Verlag.

Henze,J.; Carina, S.;Malik, S.; Bresges, A. (2022). How Might We Raise Interest in Robotics, Coding, Artificial Intelligence, STEAM and Sustainable Development in University and On-the-Job Teacher Training? Frontiers of Education.

Jones, A. (2017). Understanding your reader – the Empathy Map.

Kerber, U. (2017). Narration Und Digital Storytelling Im Geschichtsunterricht. In Bernsen, D., & Kerber, U. (Hrsg.), Praxishandbuch Historisches Lernen Und Medienbildung Im Digitalen Zeitalter (S. 181-192.). Leverkusen: Verlag Barbara Budri.

Knafla, D. (2023). Zwischen den Fronten: Vom Fahrradausflug zur Kernkraft Demonstration. In Seminar Forschen und Entwickeln im Unterricht: offen für das Studium inklusiv, Competence Labs. Universität zu Köln.

Müllner, M. & Müllner, C. (2020). Emotional intelligent führen: Authentisch, motivierend, wirksam (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer.

Pyczak, T. (2020). Tell me! Wie Sie mit Storytelling überzeugen. (3. Aufl.) Bonn: Rheinwerk.

Sauer, M. (2018). Geschichte Unterrichten (13. Auflage). Seelze: Klett Kallmeyer.

Amina Zerouali[1]
Jenna Koenen[1]

[1]Technische Universität München

Game on! Einstellungen angehender Lehrkräfte zu digitalen Lernspielen

Motivation und theoretischer Hintergrund

Im schulischen Alltag empfinden viele Schülerinnen und Schüler Chemie als eine wenig erfreuliche Angelegenheit. So zeigt der IQB-Bildungstrend 2018 (Stanat et al.,2018), dass das Interesse am Fach Chemie von 2012 bis 2018 gleichbleibend niedrig blieb. Dieses Problem verschwindet nicht etwa im Verlauf der Schulzeit, stattdessen nimmt das Interesse mit steigender Jahrgangsstufe ab (Höft und Bernholt, 2019). Diese Ergebnisse sind insbesondere mit Hinblick darauf bedenklich, dass ein hohes Interesse einen nachweislich positiven Effekt auf den Lernprozess sowie die Lernleistung hat (Wigfield & Cambria, 2010) und einen Indikator für Berufswahlentscheidungen darstellt (Maltese und Tai, 2011).
Ein Ansatz einer solchen Entwicklung entgegenzuwirken könnte die Nutzung eines motivierenden, gegenwartsnahen Lehr-Lerninstruments sein: eines digitalen Lernspiels.
Diese ermöglichen es Motivationsprozesse anzuregen, das Interesse an einem Thema zu wecken, Phänomene realitätsnah darzustellen und einen Einsatz als aktive Lernform (Breuer, 2010; Hauser, 2013; Tobias & Fletcher, 2011). Zudem können digitale Lernspiele signifikant zur Förderung des Wissenserwerbs sowie des Erwerbs kognitiver Fähigkeiten beitragen (Wouters et al., 2013).
Trotz dieser Vorteile finden digitale Lernspiele (DLS) aufgrund von Barrierewahrnehmungen (Sánchez-Mena & Martí-Parreño, 2017) und Vorbehalten (Allsop & Jessel, 2015) nur selten ihren Weg in das aktive Unterrichtsgeschehen. Um die Implementation von DLS im Unterricht zu ermöglichen, ist es daher notwendig Bedingungsfaktoren für so eine Implementation zu lokalisieren. Als Gestalter des Unterrichts sind Lehrkräfte der entscheidendste Bedingungsfaktor (Blackwell et al., 2013). Eine erfolgreiche Implementation von digitalen Lernspielen setzt daher Wissen über diese und Kompetenzen im Umgang mit solchen digitalen Tools voraus. Eine Möglichkeit dieses Wissen bei Lehrkräften zu erfassen ist die Verwendung des *TPACK-G* (Technological Pedagogical and Content Knowledge – Games) Modells nach Hsu et al. (2013). Dieses erweitert das allgemeine *TPACK* Modell von Mishra und Koehler (2008) indem es die Kompetenzen in den Kontext des digitalen Lernspiels einordnet.

Neben dem Wissen ist für einen Einsatz die Einstellung der Lehrkräfte gegenüber digitalen Medien entscheidend. Nach Hsu und Kollegen (2017) kann die Einstellung von Lehrkräften dabei in die Subkonstrukte *Überzeugung, Selbstsicherheit* und *Motivation* unterteilt werden. Das Konstrukt *Überzeugung* bezieht sich dabei auf die subjektiven Überzeugungen und Bewertung der Lehrkräfte in Bezug auf die Eignung digitaler Lernspiele im Unterricht. So zeigen Untersuchungen z.B., dass Lehrkräfte, die davon überzeugt sind, dass sich digitale Medien am besten für die Instruktion im Unterricht eignen, in der Lage sind, digitale Medien in ihre Unterrichtspraxis zu integrieren (Blackwell et al., 2013). *Selbstvertrauen* umfasst die Erfahrungen und das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten der Lehrkräfte in Bezug auf die Integration von digitalen Lernspielen in Unterricht. Höhere Werte für das Selbstvertrauen im Umgang mit digitalen Medien können z.B. mit einer effektiveren und erfolgreicheren

Umsetzung technologiebezogener Aufgaben im Unterricht in Verbindung gesetzt werden (Celik & Yesilyurt, 2013). Das letzte Subkonstrukt, *Motivation,* bildet die Bereitschaft ab, digitale Lernspiele in den zukünftigen Unterricht zu implementieren. So zeigen Untersuchungen, dass motivierte Lehrkräfte eher dazu neigen, digitale Medien in ihren Unterricht zu integrieren und eine kontinuierliche Nutzung von Technologie im Unterricht aufweisen (Sang et al., 2011).

Zielsetzungen und Forschungsfrage

Übergeordnete Zielsetzung ist die Entwicklung eines digitalen Lernspiels für den Einsatz im Chemieunterricht. Um sich diesem Ziel zu nähern, gilt es jedoch zunächst Faktoren für den Einsatz eines digitalen Lernspiels im deutschen Chemieunterricht zu eruieren. Daher werden im Rahmen der Untersuchung folgende Forschungsfragen fokussiert:

FF1 (Einstellungen): Welche Einstellungen haben angehende Lehrkräfte in Deutschland zum Thema digitale Lernspiele?
FF2 (Wissen): Wie schätzen angehende Lehrkräfte in Deutschland ihr Wissen und ihre Kompetenzen in Bezug auf die Verwendung von digitalen Lernspielen im Unterricht ein?
FF3 (Barrieren): Welche Barrieren für den Einsatz von digitalen Lernspielen im Unterricht werden von angehenden Lehrkräften in Deutschland wahrgenommen?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen erfolgte die Datenerhebung in einem Mixed-Method-Design zum einen quantitativ mittels Fragebogen und zum anderen qualitativ mittels leitfadengestützter Fokusgruppeninterviews.
Insgesamt wurden mithilfe eines Online-Fragebogens N=147 angehende Lehrkräfte (davon n=55 männlich, n=92 weiblich) zwölf unterschiedlicher deutscher Universitäten befragt. Bei der Fragebogenkonstruktion wurde auf bereits bestehende, validierte, in der Forschung eingesetzte Items zur Selbsteinschätzung der untersuchten Konstrukte zurückgegriffen. Neben der Erfassung demografischer Daten (z.B. Alter, Studienfach, Semester, Universität, Gender) setzte sich der Online-Fragebogen aus drei Teilen zusammen:

- Einstellungen gegenüber digitalen Lernspielen (10 Items auf einer 7-Punkt-Likert-Skala basierend auf dem Instrument von Hsu et al. (2017))
- Selbsteingeschätztes Wissen in Bezug auf digitale Lernspiele (12 Items auf einer 7-Punkt-Likert-Skala, Hsu et al. (2017))
- Wahrnehmung von Barrieren (25 Items auf einer 5-Punkt-Likert-Skala basierend auf dem Instrument von Watson et al. (2013))

Die Wahrnehmung der Barrieren wurde dabei in vier Subkategorien erfasst: *Barrieren im Umgang mit Technologie*, *Barrieren in Bezug auf das gegenwärtige Bildungssystem*, *Barrieren in Bezug auf die Implementation im Unterricht* und *Barrieren in Bezug auf den Zugang zu digitalen Lernspielen.* Um sprachliche Verzerrungen zu vermeiden, wurden alle Items in das Deutsche übersetzt und der Fragebogen anschließend pilotiert (N=35) und einer Reliabilitätsprüfung unterzogen (Cronbachs α-Werte der einzelnen Skalen zwischen α=.713 - .922 und somit als gut zu bewerten). Die statistische Auswertung (unabhängige T-Tests, Korrelationsanalyse) der quantitativen Daten erfolgte mithilfe des Statistikprogramms SPSS.

Die leitfadengestützten Fokusgruppeninterviews mit einer Subgruppe von n=12 angehenden Lehrkräften fokussierten zusätzlich vorwiegend das Thema „ideales digitales Lernspiel im

Chemieunterricht“. Das gesammelte Datenmaterial wurde dokumentiert, transkribiert und anschließend mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) deduktiv induktiv kodiert. Insgesamt ergaben sich aus dem qualitativen Datenmaterial acht Überkategorien. Die Kategorien *1) Ideales digitales Lernspiel (DLS)*, 2*) Gelingensbedingungen zum Einsatz eines DLS*, *3) Einstellungen* wurden deduktiv gebildet. Fünf zusätzliche Überkategorien konnten induktiv ermittelt werden: *4) Funktionen eines DLS, 5) Features eines DLS, 6) Zukünftiger Einsatz von DLS im Unterricht, 7) Erfahrungen und 8) Eigene Definition eines DLS.*

Ergebnisse

Im Folgenden kann aufgrund der Seitenlimitation nur ein Ausschnitt der Ergebnisse der Studie dargestellt werden. Der Fokus soll daher auf den Ergebnissen der Erhebung in Bezug auf Forschungsfrage 1, den Einstellungen der angehenden Lehrkräfte, liegen.

Die in drei Subskalen erfasste Einstellung zeigte, dass die angehenden Lehrkräfte digitalen Lernspielen gegenüber eher positiv eingestellt sind. Mit einem Mittelwert von M= 5.09 (SD = 0.86) nimmt die *Überzeugung* von der Wirksamkeit digitaler Lernspiele (DLS) den höchsten Wert ein. Auch ihr *Selbstvertrauen* in Bezug auf den Umgang mit digitalen Lernspielen bewerten die angehenden Lehrkräfte als insgesamt positiv M=4.93 (SD=1.16). Gleichermaßen positiv wird die *Motivation* Mittelwert von M=4.74 (SD=1.13) eingeschätzt. Signifikante Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden konnten nicht festgestellt werden, ebenso wie zwischen Probanden mit und ohne naturwissenschaftliches Fach.

Die qualitativen Daten stützen die Ergebnisse der quantitativen Daten und zeigen, dass angehende Lehrkräfte den Einsatz digitaler Lernspiele im Allgemeinen als positiv betrachten. Eine Kontingenzanalyse der Subkategorie *Einstellungen – positiv* zeigt, dass Probandenden insbesondere den motivierenden und spannenden Charakter von digitalen Lernspielen als positiv hervorheben und es als Vorteil bewerten, dass durch den Einsatz digitaler Lernspiele die im Unterricht eingesetzten Lehrformen heterogener gestaltet werden können. Auffallend ist jedoch, dass die positive Einstellung der Probandinnen nicht primär digitalen Lernspielen selbst attestiert werden kann, sondern dass vorwiegend bestimmte Features digitaler Lernspiele als positiv hervorgehoben werden. Indikatoren für eine negative Einstellungen treten vor allem in Kombination mit den Kategorien *Erfahrungen* und der Subkategorie *Ablenkungspotential* auf. Weiterhin zeigte die Kontingenzanalyse eine hohe Frequenz der Kategorie „*ideales“ digitales Lernspiel* mit den Subkategorien *Unkompliziertes technisches Handling*, *Motivierend/Spannend*, *Zeiteffizient (kurz)*, *Vereinbarkeit mit Unterricht und Curriculum* sowie *Binnendifferenzierung* und *Lerngegenstand→Labor/Simulation.*

Ausblick

Alle Ergebnisse der Studie werden derzeit zur Entwicklung eines digitalen Lernspieles für das Fach Chemie sowie adäquater Begleitmaterialien genutzt. Die Gestaltung des digitalen Lernspiels verfolgt dabei in einem iterativen, interdisziplinären und agilen, designbasierten Forschungsansatz und orientiert sich bei der Gestaltung des digitalen Lernspiels an dem Model zum Design digitaler Lernumgebungen (FDDLEs) nach Tiemann und Annaggar (2020). Die Entwicklung des digitalen Lernspiels wird im Rahmen des Projektes CompAGES (Competence Acquisition through a Game-based Learning Environment on Scientific Inquiry) von der Müller-Reitz-Stiftung gefördert. Wir bedanken uns daher an dieser Stelle herzlich bei der Stiftung für das Vertrauen und die finanzielle Förderung des Projekts.

Literatur

Allsop, Y., & Jessel, J. (2015). Teachers' Experience and Reflections on Game-Based Learning in the Primary Classroom. International Journal of Game-Based Learning, 5(1), 1–17

Annaggar, A., Tiemann, R. (2019). Design and Development of a Video Game to Assess Problem-Solving Competence in Chemistry Education. ChemRxiv. https://doi.org/10.26434/chemrxiv.9725450.v1

Blackwell, C. K., Lauricella, A. R., Wartella, E., Robb, M., & Schomburg, R. (2013). Adoption and use of technology in early education: The interplay of extrinsic barriers and teacher attitudes. *Computers & Education, 69,* 310–319. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.024

Breuer, J. (2010). Spielend lernen. Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (LfM). Verfügbar unter: http://www.lfm-nrw.de/fileadmin/lfm-nrw/Publikationen-Download/Doku41-SpielendLernen.pdf

Hauser, B. (2005). Das Spiel als Lernmodus: Unter Druck von Verschulung - im Lichte neuerer Forschung. In T. Guldimann & B. Hauser (Hrsg.), Bildung 4- bis 8-jähriger Kinder (S. 143–168). Münster: Waxmann.

Höft, L., & Bernholt, S. (2019). Longitudinal couplings between interest and conceptual understanding in secondary school chemistry: An activity-based perspective. *International Journal of Science Education, 41*(5), 607–627. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1571650

Hsu, C.-Y., Tsai, M.-J., Chang, Y.-H., & Liang, J.-C. (2017). Surveying In-Service Teachers' Beliefs about Game-Based Learning and Perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge of Games. Educational Technology & Society, 20 (1), 134–143.

Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among U.S. students. *Science Education, 95*(5), 877–907. https://doi.org/10.1002/sce.20441

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Mey, G., Mruck, K. (eds) Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_42

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing Technological Pedagogical Content Knowledge. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Eds.), Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators (pp. 3-29). New York: Routledge.

Sánchez-Mena, A., & Martí-Parreño, J. (2017). Drivers and Barriers to Adopting Gamification: Teachers' Perspectives. Electronic Journal of E-Learning, 15(5), 434–443.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Waxmann.

Tobias, S. & Fletcher, J. D. (2011). Introduction. In S. Tobias & J.D. Fletcher (Eds.), Computer games and instruction (pp. 3–15). Charlotte, NC: Information Age Publishing.

Watson, W. & Yang, S. (2016). Games in schools: Teachers' perceptions of barriers to game-based learning. 27. 153-170.

Wigfield, A., & Cambria, J. (2010). Students' achievement values, goal orientations, and interest: Definitions, development, and relations to achievement outcomes. *Developmental Review, 30*(1), 1–35. https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.12.001

Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology, 105*(2), 249–265. https://doi.org/10.1037/a0031311

Muriel Schaber Universität Hannover

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte – Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Ausgangssituation

Im Rahmen des Projekts Leibniz-Prinzip[1], und des Handlungsfeld 2, Moderne Lernformate – digital, reflexiv, didaktisch strukturiert, setze ich mich mit dem Einsatz digitaler Medien im Rahmen des Fachpraktikums Physik auseinander.

Die zentrale Frage, die in den Blick genommen wird, betrifft die Integration digitalisierungsbezogener Kompetenzen in die Ausbildung angehender Lehrkräfte an Universitäten und wie diese Integration zukünftig weiterentwickelt werden kann. Diese Frage gewann besondere Relevanz aufgrund der Schulunterrichtsbeschränkungen, die im Frühjahr 2020 und der darauffolgenden Zeit aufgrund der COVID-19-Pandemie auftraten.

Schwerpunkt dieses Beitrages ist die Vorstellung und Diskussion erster Ergebnisse aus den Erhebungszeitpunkten im Sommersemester 2020 und Wintersemester 2020/2021. Zunächst werden die Forschungsfragen, der theoretische Hintergrund sowie der Aufbau der Studie samt Datenerhebung dargestellt.

Forschungsfragen

Die Entwicklung von Kompetenzen ist ein komplexes Forschungsfeld, das in zahlreichen Studien mit verschiedenen Schwerpunkten untersucht wird. In diesem Promotionsvorhaben liegt der Schwerpunkt auf dem Gebrauch von Unterrichtsmedien, insbesondere digitalen, im Kontext des Fachpraktikums Physik, das am Ende des Masterstudiums stattfindet. In diesem Zusammenhang wird die Planung, Durchführung und Reflexion von Physikstunden, für die die Studierenden verantwortlich sind, genauer betrachtet.

Die Forschungsfragen, die sich an diesem dreistufigen Prozess orientieren, lauten wie folgt:

- Inwieweit sind die Studierenden in der Lage, den Einsatz von digitalen Unterrichtsmedien im Unterricht zu planen?
- Wie setzen die Studierenden digitale Unterrichtsmedien in ihrem Unterricht ein?
- Inwieweit sind die Studierenden in der Lage, ihre Unterrichtsplanung und -durchführung im Fachpraktikum Physik zu reflektieren?

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen

Die Modellierung und Erfassung von Kompetenzen stellt ein komplexes Forschungsfeld dar. Daher befassen sich eine Vielzahl von Kompetenzrahmen und -modellen mit der Beschreibung und Erfassung digitalisierungsbezogener Kompetenzen. Um eine breite theoretische Grundlage für die Auswertung der erhobenen Daten zu schaffen, wird eine Dokumentenanalyse ausgewählter Kompetenzrahmen und -modelle durchgeführt. Die Auswahl dieser Modelle orientiert sich an ihrer Relevanz im Zusammenhang mit den Forschungsfragen. Insgesamt werden sechs Kompetenzrahmen und -modelle in die Analyse einbezogen:

[1] Das Projekt Leibniz-Prinzip (Förderkennzeichen 01JA1806) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

- TPACK (Mishra & Koehler 2009)
- DigCompEdu (Redecker 2017)
- UDE-Modell (Beißwenger et al. 2020)
- Basiskompetenzen Digitalisierung (Niedersächsischer Verbund zur Lehrerbildung 2021)
- DiKoLAN (Becker et al. 2020)
- KN19+ (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern 2017)

Das Ergebnis dieser Analyse ist ein Kompetenzmodell, in dem die unterrichtlichen Kompetenzen im Mittelpunkt stehen. Diese werden jeweils von fachspezifischen, reflexiven und digitalisierungsbezogenen Kompetenzen beeinflusst. Auf dieser Grundlage wird angestrebt, ein integratives Modell digitalisierungsbezogener Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte zu entwickeln, das einen stärkeren Fokus auf die Didaktik in der Physik legt.

Aufbau der Studie

Da das Forschungsinteresse auf der konkreten Planung, Verwendung und Reflexion von Unterrichtsmedien durch die Studierenden liegt und es sich hierbei um die Rekonstruktion von Handlungsmustern handelt, wird der Fallstudienansatz nach Lamnek & Krell (2016: 285ff.) gewählt.

Konkret wurden mit den Studierenden zwei leitfadengestützte Interviews geführt, bei denen der Schwerpunkt auf dem Medieneinsatz lag. Das erste Interview befasste sich mit der Unterrichtsplanung, das zweite mit der Reflexion der Unterrichtsstunde.

Insgesamt nahmen 20 Studierende im Zeitraum von August 2020 bis März 2022 an dieser Untersuchung teil.

Auf Grundlage der Fallzusammenfassungen der ersten beiden Erhebungszeitpunkte können Aussagen über Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei der Auswahl (digitaler) Medien für den Physikunterricht durch die Studierenden getroffen werden.

Gemeinsamkeiten bei der Auswahl (digitaler) Medien

In beiden Gruppen zeigt sich, dass der Medieneinsatz zur Gestaltung und Unterstützung des Physikunterrichts im Fokus steht. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der praktischen Anwendung der ausgewählten Medien, um Inhalte klar und verständlich zu vermitteln sowie das Interesse der Schüler*innen zu wecken. Um dies zu erreichen spielt für die Studierenden die Interaktion zwischen Schüler*innen und Lernmaterial zur Förderung aktiven Lernens eine entscheidende Rolle. Hierzu wählen die Studierenden je nach Unterrichtskontext unterschiedlichste Medien, sodass sich ein vielfältiges Spektrum ergibt: darunter Videokonferenzen, digitale Plattformen, Experimente, Videos und vieles mehr.

Unterschiede bei der Auswahl (digitaler) Medien

In der ersten Gruppe von Studierenden (Sommersemester 2020) liegt das Hauptaugenmerk auf dem Einsatz digitaler Medien, wie beispielsweise Videokonferenzen, Präsentationen und Online-Plattformen, um den Unterricht zu organisieren und durchzuführen. Hierbei zeigt sich ein breites Spektrum an Erfahrungen, da die Studierenden mit unterschiedlichen digitalen Werkzeugen und Technologien vertraut sind. Allerdings sind in dieser Gruppe auch Herausforderungen im Hinblick auf die Interaktion und das Engagement der Schüler bei rein digitalen Unterrichtsformen zu erkennen, wie von einigen Studierenden (Stud1, Stud2, Stud4, Stud5) festgestellt wurde

Die zweite Gruppe von Studierenden (Wintersemester 2020/2021) hebt sich durch ihre Präferenz für eine Kombination von analogen und digitalen Medien zur Gestaltung des

Unterrichts hervor, wie von einigen Studierenden (Stud9, Stud10, Stud11) betont wird. In dieser Gruppe wird auch ein stärkerer Fokus auf die Praxisorientierung und die Durchführung von Experimenten gesetzt, soweit es möglich ist (siehe Stud9, Stud10, Stud11).
Des Weiteren zeichnet sich Gruppe 2 durch eine intensivere Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse der Schüler aus, indem sie verschiedene Lehrmethoden einsetzt, die den unterschiedlichen Lernstilen gerecht werden (siehe Stud9, Stud11, Stud12).
Zusätzlich zeigen die Studierenden in dieser Gruppe eine intensivere Reflexion über die Effektivität des Medieneinsatzes im Unterricht, wie aus den Aussagen von einigen Studierenden (Stud9, Stud12, Stud13) hervorgeht.

Vorläufiges Fazit und Ausblick

Obwohl die Studierenden dieser beiden Gruppen ihr Fachpraktikum Physik unter sehr unterschiedlichen Bedingungen aufgrund der jeweils geltenden Corona-Maßnahmen an den Schulen durchgeführt heben, lässt sich ein übergreifendes Fazit ziehen.
Insgesamt bewerten die Studierenden den Einsatz von Medien überwiegend positiv und als anwendungsbezogen. Sie nehmen den Medieneinsatz als authentisch und unterstützend wahr, erkennen jedoch auch, dass gelegentlich technische Herausforderungen bei der Umsetzung auftreten können. In diesem Zusammenhang formulieren die Studierenden Erwartungen sowohl an ihre universitäre Ausbildung als auch an die Schulen. So halten sie eine stärkere Einbindung digitaler Tools und Plattformen bei einer zeitgemäßen Medienausstattung seitens der Universität für wünschenswert. Ebenso sollten neben der fachlichen Ausbildung auch übergreifende Kompetenzen wie bspw. die Vermittlung von Kommunikationskompetenzen in der online-basierten Kommunikation mit Schüler*innen und Erziehungsberechtigten oder die Einbindung digitaler Lehrmaterialien in den Blick genommen werden. Für die Arbeit an den Schulen stellen die Studierenden heraus, dass Unterricht mit digitalen Medien nur bei einer entsprechenden Ausstattung möglich ist und sehen hier deutlichen Handlungsbedarf.
Für die weitere Datenauswertung werden auch die Interviewdaten des dritten Erhebungszeitpunktes (Wintersemester 2021/2022) herangezogen. Hierbei wird das bereits entwickelte Kompetenzmodell als Grundlage für die inhaltsanalytische Auswertung der Interviewdaten herangezogen und soll auf diese Weise weiterentwickelt und ausdifferenziert werden. Ziel ist es, den Stand digitalisierungsbezogener Kompetenzen bei angehenden Physiklehrkräften zu Ende des Lehramtsstudiums aufzeigen zu können.

Literatur

Becker, S. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Beißwenger, M. et al. (2020): Ein integratives Modell digitalisierungsbezogener Kompetenzen für die Lehramtsausbildung. In: Beißwenger, Michael; Bulizek, Björn; Gryl, Inga & Schacht, Florian (Hrsg.): Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung. Universitätsverlag Rhein-Rhur: Duisburg.

Diethelm, I. et al. (2021): Basiskompetenzen Digitalisierung – Kompetenzrahmen. online verfügbar unter: https://www.lehrerbildungsverbund-niedersachsen.de/index.php?s=KompetenzrahmenLehrkraeftebildunginderdigitalvernetztenWelt

Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern: Schultz-Pernice, F., von Kotzebue, L., Franke, U., Ascherl, C., Hirner, C., Neuhaus, B.J., Ballis, A., Hauck-Thum, U., Aufleger, M., Romeike, R., Frederking, V., Krommer, A., Haider, M., Schworm, S., Kuhbandner, C., & Fischer, F. (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. merz – medien + erziehung, *Zeitschrift für Medienpädagogik*, 4/2017, S. 65.

Friebertshäuser, B. et al. (2013): Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Beltz: Weinheim/Basel.

Gläser, J. & Laudel, G. (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. VS Verlag: Wiesbaden.

Helfferich, C. (2011): Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. VS Verlag: Wiesbaden.

Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009): What is technological pedagogical content knowledge? In: Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9(1), S.60-70.

Kuckartz, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz: Weinheim/Basel.

Lamnek, S. & Krell, C. (2016): Qualitative Sozialforschung. Beltz: Weinheim/Basel.

Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019): Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video. Springer VS: Wiesbaden.

Redecker, C. (2017): European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Yvs (Hg.). EUR 28775 EN. Publications Office of the European Union: Luxembourg.

Schultz-Pernice, F. et al. (2017): Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. merz – medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik, 4/2017, S. 65.

Stefan Müller[1] [1]Universität Koblenz

Förderung digitaler Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Chemie

Einleitung

Um die digitale Transformation an Schulen reflektieren, umsetzen und gestalten zu können, müssen Lehrkräfte eine Vielzahl an Kompetenzen besitzen (Koehler & Mishra, 2005; Thyssen, Huwer, Irion & Schaal, 2023). Dies erfordert auch eine Anpassung in der Lehrkräftebildung (von Kotzebue et al., 2021), damit angehende Lehrkräfte in die Lage versetzt werden, digitale Werkzeuge für ihren Unterricht eigenständig nutzen und gestalten zu können (Müller, Reiners & Schmitz, 2021). Aus diesem Grund wurde das Lehrprojekt *e-lement* (Akronym für: „e-Learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Techniken“) ins Leben gerufen, in welchem Lehramtsstudierende der Chemie, digitale Lernumgebungen mithilfe von PowerPoint (Banerji, 2017; Müller, Müller & Reiners, 2021) zu ausgewählten Themen des Chemieunterrichts entwickeln, mit Lernenden testen und anschließend in Form kleiner Forschungsprojekte mithilfe von Methoden der empirischen Sozialforschung evaluieren (Reiners, Schmitz & Müller, 2020). Auf diese Weise sollen die Studierenden einerseits auf die Durchführung von zukünftigen Forschungsprojekten vorbereitet werden, zum Beispiel im Rahmen einer Masterarbeit im Bereich Chemiedidaktik, andererseits sollen ihre digitalen Kompetenzen im Hinblick auf ihren zukünftigen Chemieunterricht gefördert werden. So bieten insbesondere digitale Lernumgebungen lernförderliche Potenziale für den Chemieunterricht, beispielsweise durch die multimodale Darstellung und symbolische Manipulation von Vorgängen auf Teilchenebene (Herzig, 2017), das Gestalten von angereicherten und immersiven Lernumgebungen im Sinne des Digital Game-Based-Learning (Breuer, 2010; Prensky, 2007) oder die Verknüpfung mit praktischen Experimenten.
Während der genaue Aufbau des Studienmoduls bei Müller, Müller und Reiners (2021) nachvollzogen werden kann, fokussiert der folgende Beitrag die Evaluation des Projektes durch die Teilnehmenden. Hierzu werden im folgenden Abschnitt zunächst das Studiendesign sowie die eingesetzten Instrumente zur Erhebung und Auswertung der Daten beschrieben, bevor anschließend zentrale Ergebnisse der Evaluation präsentiert werden. Abschließend wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf die Fortsetzung des Projektes gegeben.

Datenerhebung und Datenauswertung

Zwischen 2019 und 2022 haben insgesamt 117 Masterstudierende des Lehramts Chemie das zu *e-lement* zugehörige Studienmodul an der Universität zu Köln durchlaufen, wovon 95 Studierende an einer explorativen Studie zur Evaluation des Projektes teilnahmen. Ziel dieser Untersuchung war es herauszufinden, welche Kompetenzen mithilfe des Moduls gefördert werden können und inwiefern sich das Modul zukünftig weiterentwickeln lässt. Hierzu füllten die Teilnehmenden vor und nach dem Modul Fragebögen mit offenen und geschlossenen Items aus (Denzin & Lincoln, 2011; Reiners, Schmitz & Mueller, 2021). Um einen Hinweis auf Kompetenzerweiterungen der Studierenden zu gewinnen, schätzten diese dabei unter anderem ihre eigenen Kompetenzen und Kenntnisse anhand fünfstufiger Rating-Skalen vor und nach dem Besuch des Studienmoduls ein (Döring & Bortz, 2016). Insgesamt liegen 48 vollständige Fragebogenpaare, bestehend aus Pre- und Post-Fragebogen, zu diesen Selbsteinschätzungen der Studierenden vor. Um erste Hinweise darauf zu erhalten, ob die Studierenden ihre im Modul erworbenen Kompetenzen auch tatsächlich im Rahmen ihres

späteren Unterrichtsalltags anwenden, wurden im Sommer 2023 zudem Follow-Up-Interviews mit ehemaligen Teilnehmenden (n = 5) des Moduls geführt, welche inzwischen größtenteils als Chemielehrkräfte tätig sind.
Die offenen Items der Fragebögen und die transkribierten Interviews wurden anschließend mithilfe induktiver Kategorienbildung entsprechend der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet. Die folgende Darstellung der Ergebnisse beschränkt sich zur Beantwortung der Untersuchungsfragen vor allem auf zentrale Ergebnisse aus den offenen Items sowie den Selbsteinschätzungen der Studierenden anhand von Rating-Skalen.

Zentrale Ergebnisse der Evaluation des Projektes e-lement

Die Auswertung der offenen Items aus den Evaluationsfragebögen zeigt, dass den Studierenden vor allem die „praktische Entwicklung und Gestaltung der digitalen Lernumgebung“ am Studienmodul *e-lement* gefällt (28 Nennungen). Daneben werden aber unter anderem auch die Organisation und Struktur des Moduls (24), der durch die Testung der Lernumgebung mit Lernenden gegebene Bezug zur Unterrichtspraxis (19) sowie die schließlich erstellte Lernumgebung als Lernprodukt (13) gelobt. Dies fasst der Student PE19 bezogen auf die Frage, was ihm am Modul besonders gut gefallen hat, wie folgt zusammen: „Das Erstellen eines Produktes, welches im späteren Beruf genutzt werden kann. Dies zeigt die Sinnhaftigkeit der Veranstaltung“. Bezogen auf die Frage, was die Studierenden aus dem Modul mitnehmen, wurde die Kategorie „Kompetenzen zur Entwicklung/Gestaltung von digitalen Lernumgebungen für den Chemieunterricht“ besonders häufig kodiert (45). Darüber hinaus sind viele Studierende der Ansicht, „Wissen über Forschungsmethoden“ (25) sowie Kenntnisse über „Chancen und Herausforderungen von digitalem Chemieunterricht“ (21) erworben zu haben. Fünf Studierende geben in diesem Zusammenhang allerdings auch an, dass die Erstellung von entsprechenden Lernumgebungen, sowohl in Bezug auf den Arbeitsaufwand innerhalb des Moduls als auch in Bezug auf die spätere Unterrichtspraxis, als sehr zeitaufwendig wahrgenommen wird: „Digitale Lernwelten stellen eine sinnvolle Abwechslung im Unterricht dar […]. Allerdings ist deren Konzeption und Umsetzung mit erheblichem Zeitaufwand verbunden“ (Student UR07). Dementsprechend äußern 14 Studierende auf die Frage, welche Verbesserungsvorschläge sie für das Modul hätten, dass sie sich eine Reduktion des Arbeitsaufwandes innerhalb des Moduls wünschen. 16 Studierende sind zudem der Ansicht, dass die inhaltliche Behandlung von empirischen Forschungsmethoden zur Vorbereitung eines eigenen Forschungsprojektes gekürzt oder sogar ganz gestrichen werden sollte. Andererseits waren jeweils fünf Studierende auch der Ansicht, dass die Behandlung der Forschungsmethoden weiter ausgebaut und die Testung der Lernumgebungen mit mehr Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden sollte: „Wenn möglich, könnten mehr Testpersonen für die Lernwelten akquiriert werden und die Auswertung der Forschung dann etwas mehr Zeit erhalten“ (Student CL05).
Einige Selbsteinschätzungen der Studierenden zu verschiedenen Kompetenzen und Kenntnissen vor und nach dem Modul lassen sich Abbildung 1 entnehmen. Sie weisen darauf hin, dass sich viele Studierende bezogen auf ihre Kenntnisse beim Entwickeln von e-Learning und insbesondere bei der Gestaltung von digitalen Lernumgebungen zu chemischen Fachinhalten im Anschluss an das Modul *e-lement* als deutlich kompetenter wahrnehmen. Zwar schätzen sie zusammenfassend betrachtet auch ihre Kenntnisse über empirische Forschungsmethoden anschließend höher ein, im Vergleich mit den Kompetenzen zur Gestaltung von digitalen Lernumgebungen fallen diese Zuwächse allerdings deutlich geringer aus. Eine mögliche Ursache hierfür kann sein, dass die Studierenden Forschungsmethoden

bereits in anderen Veranstaltungen in ihrem Studium kennengelernt haben. So bestätigt die Auswertung der offenen Items, dass die Studierenden vor dem Modul, im Gegensatz dazu, nur über wenig Erfahrung mit digital unterstütztem Lehren und Lernen verfügten, insbesondere in Bezug auf die eigenständige Erstellung von e-Learning-Einheiten. Dies unterstreicht wiederum die Bedeutung eines entsprechenden Angebots für angehende Chemielehrkräfte.

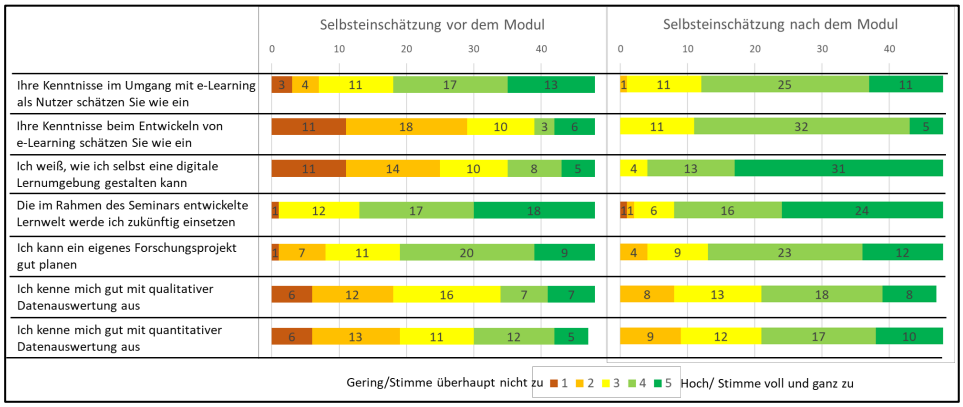


Abbildung 1: Selbsteinschätzung der Studierenden (n = 48; 23 w, 25 m) vor und nach dem Modul e-lement anhand fünfstufiger Rating-Skalen.

Erste Ergebnisse der Follow-Up-Interviews belegen, dass die ehemaligen Studierenden ihre im Modul erworbenen Kompetenzen auch in ihrem eigenen Chemieunterricht anwenden. So berichtet ein ehemaliger Student: „Ich habe im Referendariat für den letzten Unterrichtsbesuch eine PowerPoint-Lernumgebung kreiert, welche die Lernenden […] durch die gesamte Unterrichtsstunde geführt hat; auch zur Anleitung und Auswertung eines Schülerexperiments. Das hat perfekt geklappt, den Lernenden viel Spaß bereitet und die Fachleitung war auch sehr beeindruckt.“ Aufgrund ihrer inzwischen gewonnenen Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis würden sich die ehemaligen Studierenden rückblickend allerdings unter anderem eine Integration weiterer digitaler Programme sowie noch mehr Kontakt mit Lernenden wünschen.

Fazit und Ausblick: e-lement & Co.

Die vorgestellten Evaluationsergebnisse zeigen, dass das Modul *e-lement* von den teilnehmenden Lehramtsstudierenden größtenteils als sehr positiv, praxisnah und als kompetenzfördernd wahrgenommen wird. Dementsprechend sehen sich die meisten Studierenden im Anschluss an das Modul in der Lage, digitale Lernumgebungen für ihren eigenen Chemieunterricht gestalten zu können. Zwar gibt ein Teil der Studierenden an, dass die Erstellung der Lernumgebungen sehr zeitaufwendig ist, die Follow-Up-Interviews mit ehemaligen Studierenden liefern allerdings erste Belege dafür, dass die erworbenen digitalen Kompetenzen auch in der späteren Unterrichtspraxis angewendet werden. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse zum Kompetenzzuwachs bislang vor allem auf der Selbsteinschätzung der Studierenden beruhen. Aufbauend auf den dargestellten Ergebnissen soll das bisherige Lehrprojekt *e-lement* zukünftig als „*e-lement & Co.*“ an der Universität Koblenz weiterentwickelt und ausgebaut werden, unter anderem durch die konstante Einbindung des Projektes in ein Schülerlabor zur Erhöhung des Praxisbezugs sowie durch die Integration weiterer digitaler Hilfsmittel für den Chemieunterricht, um die digitalen Kompetenzen angehender Chemielehrkräfte angemessen zu fördern.

Literatur

Banerji, A. (2017). Teaching Chemistry 2.0 – Creating Digital Learning Environments with PowerPoint and Prezi. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Hrsg.), Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education, Part 4/4 (co-ed. K. Juuti & E. A. Kyza), (S. 630–636). Dublin, Ireland: Dublin City University

Breuer, J. (2010). Spielend lernen? Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Hrsg.). (2011). The Sage handbook of qualitative research (4. Aufl.). Thousand Oaks: Sage

Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5., überarb. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer

Herzig, B. (2017). Digitalisierung und Mediatisierung – didaktische und pädagogische Herausforderungen. In C. Fischer (Hrsg.), Pädagogischer Mehrwert? Digitale Medien in Schule und Unterricht (S. 25–58). Münster: Waxmann

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. Journal of Educational Computing Research, 32(2), 131–152

Kuckartz, Udo (2016): Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (3., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz

Müller, L., Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2021). Digitale Lernwelten ohne Programmierkenntnisse erstellen. CHEMKON, 28(6), 257–259

Müller, S., Reiners, Ch. S. & Schmitz, L. (2021). e-lement: e-learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Technik. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S. 529–532), GDCP-Online-Jahrestagung 2020. Duisburg-Essen: GDCP

Prensky, M. (2007). Digital game-based learning. St. Paul, MN: Paragon House

Reiners, Ch. S., Schmitz, L. & Mueller, S. (2020). Developing and Assessing E-Learning Settings by Digital Technologies. In M. Ludwig, S. Jablonski, A. Caldeira & A. Moura (Hrsg.), Research on Outdoor STEM Education in the digital Age. Proceedings of the ROSETA Online Conference in June 2020 (S. 213–216). Münster: WTM

Thyssen, C., Huwer, J., Irion, T. & Schaal, S. (2023). From TPACK to DPACK: The “Digitality-Related Pedagogical and Content Knowledge”-Model in STEM-Education. Educ. Sci., 13, 769

von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T., Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. Education Sciences, 11, 775

David Weiler[1]
Jan-Philipp Burde[1]
Rike Große-Heilmann[2]
Andreas Lachner[1]
Josef Riese[2]
Thomas Schubatzky[3]

[1]Universität Tübingen
[2]Universität Paderborn
[3]Universität Innsbruck

Einsatz digitaler Medien: Charakterisierung von Physik-LA-Studierenden

Der fachdidaktischen Auseinandersetzung mit digitalen Medien wird in der Lehramtsausbildung aufgrund ihres Potenzials für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht eine besondere Bedeutung beigemessen (Hillmayr et al., 2020; Köller et al., 2022). Damit digitale Medien von angehenden Lehrkräften im Unterricht fachdidaktisch begründet eingesetzt werden können, ist es wichtig, sie entsprechend ihrer individuellen Bedarfe dahingehend zu qualifizieren (Vogelsang et al., 2019). Eine Systematisierung dieser Bedarfe kann z. B. über die Charakterisierung der Studierenden hinsichtlich ihrer Vorkenntnisse oder affektiver Lernvoraussetzungen erfolgen. Bisherige Charakterisierungen waren jedoch entweder nicht fachspezifisch (Endberg et al., 2015) oder bezogen sich auf bereits praktizierende Lehrkräfte (Wenzel, 2018). Vor diesem Hintergrund wurden im Verbundprojekt DiKoLeP (Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik) affektive Konstrukte zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden abgefragt (Schubatzky et al., 2022). Darauf aufbauend erfolgte eine Charakterisierung mittels Clusteranalyse (Huberty et al., 2005) der Studierenden, um u. a. Rückschlüsse für eine bedarfsorientierte Förderung zu ermöglichen.

Theoretischer Hintergrund

Systematische Charakterisierungen von Physik-Lehramtsstudierenden liegen bislang nicht vor, dafür allerdings zwei Studien zu praktizierenden Lehrkräften. Im Projekt *Schule digital – der Länderindikator 2015* (Endberg et al., 2015) wurde fachunspezifisch eine Klassifikation der Einstellungen zum Einsatz digitaler Medien von 1250 Lehrkräften aus ganz Deutschland mithilfe einer Latent-Class-Analyse durchgeführt. Dabei stellte sich als größte Gruppe die der *Medienenthusiasten* (ca. 55%) heraus, die den Einsatz digitaler Medien ausnahmslos positiv und damit konträr zu den *Medienskeptikern* (ca. 11%) bewerteten. Als zweitgrößte Gruppe zeigte sich die der *Medienreflektierten* mit ca. 21%, die sowohl die Chancen als auch die Risiken des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht anerkennen. Die *vorsichtigen Medienoptimisten* mit ca. 13% sehen nur zum Teil Potenzial im Einsatz digitaler Medien.
Wenzel (2018) identifizierte unter 112 befragten Physiklehrkräften, die im Rahmen eines Schülerlabors befragt wurden, fünf verschiedene Gruppen. Auch hier wurden ähnlich wie bei Endberg et al. (2015) *Computerenthusiasten* und *Meider* identifiziert. In Bezug auf die Einstellungen sind die *Realisten* in dieser Studie den Medienreflektierten ähnlich, bilden jedoch die größte Gruppe mit ca. 35%. Als Pendant zu den vorsichtigen Medienoptimisten lassen sich hier die *Neugierigen* interpretieren, wohingegen die *verhinderten Nutzer* eine bis dahin noch nicht beschriebene Gruppe bilden. Die Lehrkräfte dieser Gruppe zeichnen sich durch eine computerfreundliche Einstellung aus, sind jedoch der Auffassung, dass die schulische Ausstattung eine Nutzung digitaler Medien im Unterricht nicht zulässt. Für Physik-Lehramtsstudierende werden vergleichbare Einstellungstypen wie bei bereits berufstätigen Lehrkräften erwartet.

Stichprobe, Erhebungsinstrumente und Auswertemethodik

Im Zuge der Erhebungen im DiKoLeP-Projekt wurden an acht Standorten 343 Datensätze von Physik-Lehramtsstudierenden zu unterschiedlichen Messzeitpunkten erhoben, wovon $N = 278$ Datensätze vollständig waren und für die Auswertung verwendet werden konnten. Die Studierenden waren im Schnitt im siebten Semester (M = 7.42, SD = 2.96) und überwiegend männlich (63%). Zur Messung der affektiven Konstrukte *Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien*, *Motivation zum Einsatz* und *Erwartete Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Medien* wurden Items von Vogelsang et al. (2019) eingesetzt. Die Erhebung des *Utility-Values* erfolgte mit Items angelehnt an Backfisch et al. (2020) und die der *Selbstwirksamkeitserwartung beim Einsatz digitaler Medien* mit Items angelehnt an Meinhardt et al. (2018). Datensätze, die aufgrund mehrmaliger Teilnahme zu unterschiedlichen Zeitpunkten von einer Person stammen, wurden als Datensätze von „virtuellen" Proband:innen (von Davier et al., 2008) behandelt.

Zur Dimensionsreduktion und besseren Interpretierbarkeit wurde für die 29 Items zu den affektiven Konstrukten eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Sowohl die Kaiser-Meyer-Olkin-Werte (KMO = 0.90 mit Werten von > 0.65 für einzelne Items) als auch der Bartlett-Test mit $\chi^2(343) = 3820.93$, $p < 0.001$ fallen sehr positiv für die Konstrukte aus (Kaiser, 1974). Unter Berücksichtigung des BICs, der sein Minimum bei -1346.4 für vier Faktoren hat, wurde die explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Die damit für die Clusteranalyse (Huberty et al., 2005) verwendeten Skalen weisen gute Reliabilitäten auf (*Einstellungen:* $\alpha = 0.87$*; Motivation:* $\alpha = 0.82$*; Selbstwirksamkeitserwartung:* $\alpha = 0.83$*; Erwartete Schwierigkeiten:* $\alpha = 0.73$).

Zur Charakterisierung der Studierenden wurde mit dem k-Means-Algorithmus eine explorative Clusteranalyse bezüglich der affektiven Konstrukte durchgeführt. Es wurden für mehrere Clusteranzahlen der BIC des jeweiligen Modells berechnet und die durchschnittliche Silhouetten-Breite bestimmt. Da kein lokales Minimum des BIC bestimmt werden konnte, wurde sich für ein Modell mit fünf Clustern entschieden, da der Silhouetten-Plot an dieser Stelle einen Peak hatte und sich der BIC nur noch minimal verbesserte.

Ergebnis der Charakterisierung

Die fünf identifizierten Cluster (siehe Abb.1) zeigen zum Teil deutlich unterschiedliche Ausprägungen der affektiven Konstrukte. Es lassen sich die klassischen *Enthusiasten* ($N = 64$; ca.-23%) wiederfinden, die verhältnismäßig wenige Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht sehen und eine hohe Motivation sowie hohe Werte bei Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Einsatzes aufweisen. Auch findet sich das klassische Gegenteil, die *Ablehnenden*, die geringe Werte bei Einstellungen und Motivation zeigen und auch eine verhältnismäßig geringe Selbstwirksamkeitserwartung haben. Überraschend ist hierbei aber, dass die Mitglieder dieser Gruppe beim Einsatz digitaler Medien keine größeren Schwierigkeiten erwarten. Mit lediglich $N = 12$ Studierenden (ca. 4%) ist diese Gruppe jedoch verhältnismäßig klein. Eine ebenfalls interessante Gruppe ist die von uns als *Eingeschüchterte* ($N = 60$; ca. 22%) bezeichnete. Hier werden relativ große Schwierigkeiten erwartet und die eigene Selbstwirksamkeitserwartung ist geringer ausgeprägt als bei allen anderen Gruppen, zudem sind auch die Einstellungen und die Motivation verhältnismäßig gering ausgeprägt. Die *Pessimistischen Realisten* ($N = 63$; ca. 23%) liegen mit den jeweils zweithöchsten Werten bei Einstellungen, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung bei allen drei affektiven Konstrukten höher als die *Optimistischen Realisten* ($N = 79$; ca. 28%), die hier im Vergleich im Mittel liegen. Der Unterschied zwischen den Gruppen besteht darin, dass die

Pessimistischen Realisten im Vergleich zu den Optimistischen Realisten verhältnismäßig viele Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Medien erwarten.

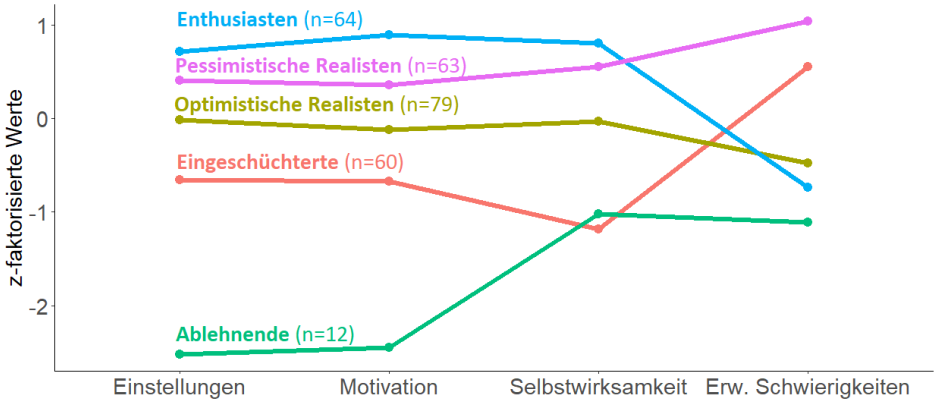


Abb. 1: Charakterisierung der Studierenden auf Basis affektiver Konstrukte

Diskussion und Einordnung

Vergleicht man die Charakterisierung der Physik-Lehramtsstudierenden mit Untersuchungen mit Lehrkräften, so lassen sich mit Blick auf den Einsatz digitaler Medien ähnliche Einstellungstypen feststellen (siehe Tab. 1). Dabei unterscheiden sich die *Ablehnenden* der Studierenden-Charakterisierung von den *Skeptikern* bzw. *Meidern* der bisherigen Studien mit praktizierenden Lehrkräften im Aspekt der Erwarteten Schwierigkeiten, der bei den Lehramtsstudierenden weniger stark ausgeprägt ist.

Tab. 1: Vergleich der in verschiedenen Studien identifizierten Charakterisierungen

Endberg et al. (2015)	**Wenzel (2018)**	**DiKoLeP-Projekt**
Medienenthusiasten	Computerenthusiasten	Enthusiasten
Medienreflektierte	Realisten	Pessimistische Realisten
Vorsichtige Medienoptimisten	Neugierige	Optimistische Realisten
Medienskeptiker	Meider	Ablehnende
	Verhinderte Nutzer	Eingeschüchterte

Fazit

Die vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Einstellungstypen, die bisher bei Lehrkräften zum Einsatz digitaler Medien bekannt sind, in ähnlicher Weise bei Physik-Lehramtsstudierenden auftreten. Dies sollte bei der Gestaltung von Seminaren durch Angebote für die unterschiedlichen Einstellungstypen berücksichtigt werden, da sich die Einstellung als wichtiger Prädiktor für die Qualität der unterrichtlichen Einbindung von digitalen Medien erwiesen hat (Backfisch et al., 2020).

Förderhinweis: Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der FKZ 01JA23M06L. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die der Autor:innen und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wider. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.

Literatur

Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, *66*, 101300. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300

Endberg, M., Lorenz, R., & Senkbeil, M. (2015). Einstellungen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. In *Schule digital—Der Länderindikator 2015 vertiefende Analysen zur schulischen Nutzung digitaler Medien im Bundesländervergleich* (S. 95–140). Waxmann.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Huberty, C. J., Jordan, E. M., & Brandt, W. C. (2005). Cluster Analysis in Higher Education Research. In J. C. Smart (Hrsg.), Higher Education: Handbook of Theory and Research (Bd. 20, S. 437–457). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/1-4020-3279-X_8

Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, *39*(1), 31–36. https://doi.org/10.1007/BF02291575

Köller, O., Thiel, F., van Ackeren, I., Anders, Y., Becker-Mrotzek, M., Cress, U., Diehl, C., Kleickmann, T., Lütje-Klose, B., Prediger, S., Seeber, S., Ziegler, B., Kuper, H., Stanat, P., Maaz, K., & Lewalter, D. (2022). *Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)* (Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz, Hrsg.). SWK : Bonn. https://doi.org/10.25656/01:25273

Meinhardt, C., Rabe, T., & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 131–150. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0079-6

Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J., & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 784–787).

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

von Davier, A. A., Carstensen, C. H., & von Davier, M. (2008). Linking competencies in horizontal, vertical, and longitudinal settings and measuring growth. In J. Hartig, E. Klieme, & D. Leutner (Hrsg.), *Assessment of competencies in educational contexts* (S. 121–149). Hogrefe.

Wenzel, M. (2018). *Computereinsatz in Schule und Schülerlabor: Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien*. Logos Verlag.

Rike Große-Heilmann[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Josef Riese[1]
Thomas Schubatzky[3]
David Weiler[2]

[1]Universität Paderborn
[2]Universität Tübingen
[3]Universität Innsbruck

Wie sollte ein fachdidaktisches Seminar zum Einsatz digitaler Medien gestaltet sein?

Die Nutzung digitaler Medien eröffnet neue Möglichkeiten für Schule und Fachunterricht. Im Fach Physik kann somit beispielsweise eine neue Qualität der Visualisierung geschaffen werden, um das konzeptionelle Verständnis der Lernenden zu unterstützen (Girwidz, 2020). Angehende Lehrkräfte sollten daher fachspezifische „digitale Kompetenzen" bereits im Lehramtsstudium entwickeln, wie beispielsweise fachdidaktisches Wissen (FDW) zum Einsatz digitaler Medien. Um dieses Wissen zu fördern und angehende Lehrkräfte auf den fachdidaktisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien vorzubereiten, sind effektive Lerngelegenheiten in der Lehramtsausbildung unabdingbar (SWK, 2022). Zur Beurteilung der Lernwirksamkeit solcher Lerngelegenheiten ist wiederrum eine Evaluation dieser essenziell. Im Verbundprojekt DiKoLeP (*Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik*) der Universitäten Graz, Innsbruck, Paderborn und Tübingen wird daher ein universitäres Lehrkonzept zum sinnstiftenden Einsatz digitaler Medien im Fach Physik in fachdidaktischen Seminaren an den Standorten implementiert und beforscht. Dieser Teilbeitrag beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern und wie FDW zum Einsatz digitaler Medien in entsprechenden Lehrveranstaltungen angemessen gefördert werden kann.

Theoretischer Hintergrund

FDW zum Einsatz digitaler Medien stellt als Facette des FDW in Physik einen Teil des Professionswissens einer Lehrkraft (z.B. Baumert und Kunter, 2006; Riese, 2009) dar. Diese fachdidaktische Wissensfacette beinhaltet Wissen über Möglichkeiten und Anforderungen bei der Mediennutzung sowie über die inhaltsspezifische angemessene Nutzung digitaler Medien (Gramzow et al., 2013) und ist damit vergleichbar mit dem zentralen Wissensbereich *technological pedagogical content knowledge* (TPCK) im TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006). Das TPACK-Modell ist jedoch fachübergreifend formuliert und konkretisiert keine Fachinhalte oder Spezifika einzelner Fächer (von Kotzebue, 2021). Aus fachdidaktischer Sichtweise ist jedoch eine Fokussierung fachtypischer oder -spezifischer Medien von Bedeutung, welche an fachlichen Lernzielen und Arbeitsweisen orientiert sind (Ropohl, 2018). Für das Fach Physik sind dies z.B. (mobile) Systeme zur digitalen Messwerterfassung in physikalischen Experimenten (Girwidz, 2020), Simulationen als fachspezifische Methode der Erkenntnisgewinnung (Rutten et al., 2012; Wieman et al., 2010) oder Erklärvideos zum Erklären komplexer physikalischer Sachverhalte (z.B. Kulgemeyer, 2018). Fachspezifisches Wissen über die Möglichkeiten und Anforderungen bei der Nutzung dieser fachtypischen digitalen Medien ist demnach Kern des FDW zum Einsatz digitaler Medien im Fach Physik.

Ausgangslage im Verbundprojekt DiKoLeP

Im Verbundprojekt DiKoLeP wurde ein universitäres Lehrkonzept zur Förderung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen entwickelt. Die Gestaltung des Konzepts ist dabei an den

sieben Schlüsselaspekten des SQD-Modells auf Seminarebene (Tondeur et al., 2012) orientiert, indem die Studierenden z.B. authentische Erfahrungen beim Einsatz digitaler Medien sammeln, mit Peers zusammenarbeiten, Feedback erhalten und vorgestellte Medieneinsätze reflektieren. Inhaltlich besteht das Lehrkonzept aus abgestimmten Kerninhalten zu lernpsychologischen Grundlagen zum Medieneinsatz und fachdidaktischen Grundlagen zu physiktypischen Medien. In standortspezifischen praktischen Anteilen des Konzepts entwickeln die Studierenden Unterrichtssequenzen unter Nutzung digitaler Medien und erproben diese in Schulklassen oder in Form von Micro-Teachings im Seminar (Weiler et al., 2023). Das Lehrkonzept ist an fünf Standorten[1] in Form von fachdidaktischen Seminaren implementiert und u.a. im Hinblick auf die Entwicklung des FDW zum Einsatz digitaler Medien evaluiert worden. Dabei zeigte sich ein signifikanter Wissenszuwachs mit kleiner Effektstärke ($t(69) = 2{,}13$; $p = 0{,}037$; $d = 0{,}25$) über die beteiligten Seminare (Große-Heilmann et al., eingereicht).
Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der noch offenen Frage, welche konkreten Inhalte bzw. Elemente des Lehrkonzepts für diesen Wissenserwerb förderlich oder hinderlich sind.

Ziel und Forschungsfrage

Ausgehend von der quantitativen Untersuchung zur Entwicklung des FDW zum Einsatz digitaler Medien in den beteiligten Seminaren wird in dieser Studie ein vertiefter Einblick in die individuelle Wissensentwicklung der Studierenden angestrebt. Mithilfe einer qualitativen Interviewstudie soll damit die Identifikation lernförderlicher und lernhinderlicher Elemente des Lehrkonzepts erfolgen, um die nachfolgende Forschungsfrage (FF) zu untersuchen:

> FF) *Welche Elemente des gemeinsamen Kerns bzw. der standortspezifischen Teile des Lehrkonzepts sind lernförderlich oder lernhinderlich für den Erwerb von FDW zum Einsatz digitaler Medien?*

Anknüpfend soll diese Studie einen Beitrag zum Ziel des Verbundprojekts leisten, Hypothesen zu effektiven Lernangeboten zum Einsatz digitaler Medien im Lehramt Physik zu generieren.

Methodisches Vorgehen

Die qualitative Interviewstudie in diesem Beitrag knüpft in Form von retrospektiven Interviews unmittelbar an die Pre-Post-Erhebung des FDW zum Einsatz digitaler Medien in den beteiligten Seminaren an. Für diese Erhebung wurde ein physikdidaktischer Leistungstest aus 14 geschlossenen Mehrfachwahlaufgaben zur Messung des FDW zum Einsatz digitaler Medien eingesetzt, welcher im Projekt entwickelt und auf verschiedene Aspekte der Konstruktvalidität untersucht wurde (Große-Heilmann et al., 2022). Nach dem Seminar und der Post-Erhebung wurden mit einer Gelegenheitsstichprobe von N=19 Studierenden retrospektive Interviews geführt. Diese hatten zum Ziel, Ursachen für individuelle Veränderungen in den Testantworten von Pre- zu Posttest zu erkunden und zu klären, inwiefern diese Veränderungen mit Erfahrungen oder Inhalten im Seminar zusammenhängen.
Die Interviews werden mithilfe inhaltlich-strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet, um die von den teilnehmenden Studierenden genannten Ursachen oder Gründe für veränderte Testantworten zu kategorisieren. Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden anknüpfend durch Triangulation (Flick, 2011) mit den quantitativen Pre-Post-Daten Indizien für lernförderliche bzw. lernhinderliche Elemente des Lehrkonzepts

[1] vier aktuelle Projektstandorte sowie die RWTH Aachen als ehemaliger Projektstandort

gesammelt. Dabei wird untersucht, inwiefern diese einzelnen Elemente zu einer positiven bzw. negativen Veränderung der Antwort gemäß der Testbewertung geführt haben.

Ergebnisse

Die Kategorisierung der Ursachen oder Gründe für veränderte Testantworten im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse von bisher 11 der 19 Interviews zeigt, dass von den Studierenden am häufigsten das besuchte Seminar explizit (über Inhalte, Elemente, Erfahrungen etc.) als Grund für die Änderung der Antwort von Pre- zu Posttest genannt wird (66 von insgesamt 200 kodierten Segmenten). Eine weitere Kategorie zur Begründung ist z.B. die Anwendung medienbezogenen Wissens (45 Segmente, davon 32 mit indirektem Seminarbezug). Das Seminar bzw. Elemente des Seminars werden demnach häufig – explizit oder indirekt – als Ursache für veränderte Antworten angeführt. Zur Identifikation lernförderlicher bzw. lernhinderlicher Elemente werden anknüpfend die kodierten Ursachen mit Seminarbezug jeweils auf positiv bzw. negativ veränderte Testantworten bezogen und die entsprechenden Interviewsegmente erneut inhaltlichen Kategorien zugeordnet. Für positiv veränderte Antworten wird durch diese Zuordnung deutlich, dass vor allem praktische Erfahrungen mit digitalen Medien (z.B. beim Ausprobieren einzelner Medien im theoretischen Teil des Seminars oder in der Erprobung im praktischen Seminarteil) zu einer Verbesserung in den Testantworten führen. Weiterhin sind die Designprinzipien zum multimedialen Lernen und deren Anwendung auf die Bewertung von Erklärvideos eine häufig genannte Ursache bei positiv veränderte Testantworten mit Seminarbezug. Eine entsprechende Zuordnung für negativ veränderte Testantworten zeigt, dass häufig einmalige Erfahrungen mit digitalen Medien fälschlicherweise übergeneralisiert werden; z.B. werden positive Erfahrungen zu typischen Vorteilen verallgemeinert und/oder Distraktoren im Posttest aufgrund einer Erfahrung nicht ausreichend kritisch bewertet. Weiterhin deutet sich an, dass einige Studierende die im Seminar thematisierten digitalen Medien oder ihre Eigenschaften nicht voneinander unterscheiden können (Große-Heilmann et al., eingereicht).

Diskussion und vorläufige Hypothesen

Die Ergebnisse der Interviewstudie liefern einerseits Indizien für lernförderliche Elemente des untersuchten Lehrkonzepts wie z.B. praktische Erfahrungen mit digitalen Medien. Andererseits weist die Analyse negativer Antwortänderungen auf mögliche Probleme hin (z.B. Übergeneralisierung positiver Einzelerfahrungen), die bei der Gestaltung entsprechender Lerngelegenheiten berücksichtigt werden sollten. Aufbauend auf diese Beobachtungen sind im Projekt daher folgende (vorläufige) Hypothesen zur Gestaltung effektiver Lernangebote zum Einsatz digitaler Medien in Physiklehramtsstudiengängen formuliert worden:

- kritische Reflexion von Medieneinsätzen zur Vermeidung der Übergeneralisierung positiver Beispiele
- für Unterscheidung zwischen anekdotischer und empirischer Evidenz sensibilisieren
- praktische Erfahrungen mit digitalen Medien ermöglichen (v.a. in der Rolle der Lehrkraft)
- übergreifendes Wissen fördern, ohne individuelle Gestaltungsmerkmale zu vernachlässigen

Zukünftig sollen auch kodierte Ursachen ohne Seminarbezug für die Hypothesengenerierung herangezogen werden, um daraus weiteres Gestaltungswissen für effektive Lernangebote zum Einsatz digitaler Medien im Lehramt Physik zu gewinnen.

Dank

Die vorgestellte Studie wird im Rahmen des Kollegs Didaktik:digital von der Joachim Herz Stiftung gefördert.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520.

Flick, U. (2011). Triangulation. In: Oelerich, G., Otto, HU. (Hrsg.), *Empirische Forschung und Soziale Arbeit. VS Verlag für Sozialwissenschaften*. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92708-4_23.

Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (4. Aufl., S. 457–527). Berlin, Heidelberg: Springer.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 7–30.

Große-Heilmann, R., Burde, J. P., Riese, J., Schubatzky, T., & Weiler, D. (eingereicht). Entwicklung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik. In B. Herzig, B. Eickelmann, F. Schwabl, J. Schulze & J. Niemann (Hrsg.), Lehrerkräftebildung in der digitalen Welt – zukunftsorientierte Forschungs- und Praxisperspektiven. Münster: Waxmann.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J. P., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440. www.doi.org/10.3390/educsci12070440.

von Kotzebue, L. V., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L. J., ... & Thyssen, C. (2021). The framework DiKoLAN (digital competencies for teaching in science education) as basis for the self-assessment tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences*, 11(12), 775. https://doi.org/10.3390/educsci11120775.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.

Kulgemeyer, C. (2020). A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, *108*(6), 1017–1054. www.doi.org/10.1111/j.1467-620.2006.00684.x

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos Verlag.

Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU*, 71(3), 148–155.

Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & education*, 58(1), 136–153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017.

Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (2022). *Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule.* Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK). www.doi.org/10.25656/01:25273.

Tondeur, J., Van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education,* 59(1), 134-144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009.

Weiler, D., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Lachner, A., Riese, J. & Schubatzky, T. (2023). *Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von angehenden Physiklehrkräften mit dem SQD-Modell im Projekt DiKoLeP*. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski & K. Ziepprecht (Hrsg.), Edition Fachdidaktiken. Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung (S. 47–62). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_4.

Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P. & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227.

Martina Graichen[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg, Abteilung Physik

Mission Magnet: Barrierefreies, inklusives Experimentieren

Die naturwissenschaftliche Kompetenz ist die "Fähigkeit, naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erkennen, Phänomene wissenschaftlich zu erklären und wissenschaftliche Erkenntnisse zu nutzen, um Schlussfolgerungen zu ziehen"(OECD, 2016). Diese Kompetenz ist eine wichtige Voraussetzung für unsere Teilhabe an der Gesellschaft (KMK, 2005). In der Schule kann sie durch Lernumgebungen gefördert werden, in denen Schüler*innen selbständig arbeiten und auch experimentieren. (KMK, 2005).
Die UN-Behindertenrechtskonvention (UN, 2006) verlangt gleiche Teilhabe für alle, einschließlich der Barrierefreiheit in Bezug auf physische Umgebung, Verkehr, Information und Kommunikation (Artikel 9). Daher bedarf es für den Unterricht inklusive Lernumgebungen, die Lernenden unabhängig von ihren individuellen Voraussetzungen z. B. den Zugang zum Experimentieren ermöglichen. Zum inklusiven Experimentieren werden klare, barrierefreie Anleitungen benötigt. Bei der Konzeption solcher Anleitungen kann das Universelle Design of Learning (CAST, 1997) hilfreich sein, da es darauf abzielt, Produkte und Umgebungen barrierefrei nutzen zu können.
Auch aus dem Konzept *Science for all* (Stinken-Rösner et al., 2020), welches auf verschiedene Lernbarrieren hinweist und individuelle Lernumgebungen je nach den Lernervoraussetzungen fordert, wird die Notwendigkeit für die Unterstützung inklusiven Experimentieren deutlich. Deshalb sollten Experimentierumgebungen so gestaltet werden, dass physische, kognitive, sprachliche, soziale oder andere Barrieren beseitigt werden, um Zugang und Teilnahme für alle zu gewährleisten.
Ferner sollten naturwissenschaftliche Lernumgebungen keine Stereotypen fördern (Brotman & Moore, 2008), da Geschlechterunterschiede die Selbstkonzepte und Interessen von Mädchen und Jungen in diesen Fächern beeinflussen. Mädchen haben oft ein geringeres naturwissenschaftliches Selbstkonzept (Hoffmann, 2002; Brotman & Moore, 2008; OECD, 2016).
Die Forschungsfrage des hier vorgestellten Projekts lautet: Wie sollten digitale, barrierefreie Experimentieranleitungen im Physikunterricht gestaltet sein? Barrierefreie Lernumgebungen können sich positiv auf die Lernmotivation, im Sinne der Selbstbestimmung (Deci & Ryan, 1985), auswirken, die Motivation hat wiederum einen positiven Einfluss auf das Fähigkeitsselbstkonzept (FSK, Shavelson et al., 1976) und das gestärkte FSK kann positive Lernerfolgen der Schüler*innen bewirken. Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurden folgende Schritte unternommen: Das "Freiburger Modell" wurde als theoretisches Konzept für inklusiven Physikunterricht entwickelt (Oettle et al., 2021). Ein Instrument zur Bewertung der Barrierefreiheit von Experimentieranleitungen wurde konzipiert und validiert (Graichen et al., i.Vorb.). Ein Prototyp für eine digitale, barrierefreie Experimentierumgebung wurde erstellt.

Die Lernumgebung „Mission Magnet“

In Bezug auf die Barrierefreiheit orientiert sich die Lernumgebung am Konzept *Science for all* (Stinken-Rösner et al., 2020) und dem NinU-Raster (siehe vorher). Im NinU-Raster berücksichtigt man drei Bausteine der inklusiven Pädagogik. Diversität wird anerkannt durch Alltagsbezüge, die die Interessen von Jungen und Mädchen berücksichtigen und historisch

kontroverse Themen ansprechen. Um erkannten Barrieren zu begegnen, wurde bei der Erstellung der Lernumgebung auf eine strukturierte Anleitung mit einem didaktisch gut aufbereiteten Inhalt, mit Videos und praktischen Experimenten gesetzt, bei denen sich alle Schüler*innen beteiligen können. Magnetismus wird behandelt, die historische Entwicklung gezeigt und zwei praktische Experimente mit Alltagsgegenständen durchgeführt. Der Forschungskreislauf wird eingeführt, um die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu fördern.
Die Lernumgebung wurde in einem comic-basierten Storytelling-Ansatz umgesetzt. Storytelling erleichtert den Abruf und die Erinnerung (Kromka & Goodboy, 2019) und ermöglicht eine Betonung der Geschichte, also Themenentwicklung, (Laçin-Şimşek, 2019). Comics können die Motivation steigern und den Lernprozess verbessern (Jee & Anggoro, 2012). Die Text-Bild-Kombinationen im Comic kommen den visuellen Denkfähigkeiten der Schüler*innen entgegen, einschließlich derem mit Autismus-Spektrum-Störungen (Schirmer, 2019). Darüber hinaus reduziert eine geeignete Text-Bild-Kombination die kognitive Belastung. Auch können weitere belastungsreduzierende Aspekte wie Segmentierung, Signalisierung, Individualisierung oder die Berücksichtigung des räumlichen Vorstellungsvermögens der Schüler*innen einbezogen werden (Mayer, 2010). Gleichzeitig berücksichtigen wir das *emotional Design* (Graesser & D'Mello, 2012, Fiedler & Beier, 2014), da positive Emotionen das Lernergebnis fördern (Pekrun et al., 2002). So wurden z. B. die pädagogischen Agenten entsprechend gestaltet und evaluiert (Graichen et al., 2022).
Die so entstandene Lernumgebung, entwickelt für die Klassen 5 und 6, ist barrierefrei und frei von Stereotypen. Schüler*innen verwenden iPads, um sich selbstständig durch comicbasierte Einführungen in die Grundlagen des Magnetismus und die historische Entwicklung zu arbeiten. Sie führen zwei praktische Experimente entlang des Forschungskreislaufs durch und erhalten eine Zusammenfassung mit Alltagsbezug. Abschließend können sie einen individuellen Zusammenfassungsbogen drucken. Die Gesamtarbeitszeit beträgt etwa 30-45 Minuten.

Pilotierung der Lernumgebung

An der Pilotierung der Lernumgebung nahmen 72 Schüler*innen, davon 46,5% weiblich, mit einer einmaligen Befragung teil (Alter: *M*=11,9, *SD*=2,57; 32,4% Klasse 5). Die Schüler*innen bearbeiteten die Lernumgebung (ebd.) und beantworteten Fragen zur Selbsteinschätzung (Comic: Interesse / Kompetenz, *Cognitive Load*, Barrierefreiheit der Anleitungen).

Tabelle1. Deskriptive Werte, *t*-Test Ergebnisse (Geschlecht), Korrelationen und Reliabilität der Skalen

	Mädchen		Jungen		*t*-test (Mädchen vs. Jungen)			*Korr*	Reliabilität	
Barrierefreiheit	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*t*	*p*	|*d*|	*r*	I	Ω
1 Handlung	5.16	0.81	5.01	0.90	-0.71	0.241	0.17	**.498**	8	.90
1 Sprache	5.29	0.87	5.32	0.81	0.17	0.432	0.04	**.300**	8	.94
1 Sehen	**5.24**	**0.88**	**4.74**	**0.98**	**-2.16**	**0.018**	**0.53**	**.422**	4	.70
2 Handlung	5.41	0.66	5.30	0.77	-0.63	0.265	0.16	**.502**	4	.78
2 Sprache	5.38	0.77	5.41	0.66	-1.27	0.104	0.31	**.398**	3	.71
2 Sehen	5.42	0.74	5.37	0.86	-0.26	0.400	0.06	**.421**	3	.73
Comic										
Interesse	**5.12**	**0.90**	**4.47**	**1.37**	**-2.26**	**0.014**	**0.56**		3	.89
Kompetenz	**5.34**	**0.54**	**4.99**	**0.76**	**-2.18**	**0.017**	**0.54**		3	.80
Cognitive Load	4.74	0.76	4.56	0.68	-1.04	0.152	0.26		7	.80
Wissen	10.05	3.12	9.23	2.85	-1.06	.146	0.27		7	.58

Anmerkungen. Barrierefreiheit: 1 = überhaupt nicht zugänglich, 6 = sehr zugänglich. Comic-Skalen: 1 = ich habe nichts gelernt oder der Comic hat mir überhaupt nicht gefallen, 6 = ich habe sehr viel gelernt oder der Comic hat mir sehr gut gefallen. Skalen für die kognitive Belastung: 1 = sehr hohe Belastung, 6 = sehr geringe Belastung. Wissen: Erreichte Punktzahl auf einer Skala von maximal 25. 1 = Experiment1, 2 = Experiment2

t-Tests: *p*-Werte sind einseitig, alle *df*=64, *df* Wissen = 59. Fett gedruckt: $p < .05$. |*d*| = Cohens' d.
Korrelation: Barrierefreiheitsdimensionen x *Cognitive Load*, alle *N*=70 und $p < .001$.
Skalen-Reliabilität. Reliabilität: I = Item-Anzahl, Ω = McDonald Ω

Zunächst untersuchten wir die verwendeten Skalen auf interne Konsistenz (Tabelle 1). Die meisten wiesen eine akzeptable bis ausgezeichnete Reliabilität auf.
Hier werden die Ergebnisse bzgl. der Vermeidung von Stereotypen präsentiert und dazu geschlechtsspezifische Unterschiede in den Blick genommen. Die Analysen zeigten signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen hinsichtlich des Comic-Interesses, der Comic-Kompetenz und der Wahrnehmung der Zugänglichkeit (Dimension: Sprache) in Experiment 1 (E1), wobei die Mädchen bevorzugt wurden. Hinsichtlich der kognitiven Belastung und aller anderen Zugänglichkeitsskalen fanden wir keine Geschlechtsunterschiede.
Die Korrelationen der Dimensionen der Barrierefreiheit mit der wahrgenommenen kognitiven Belastung (*Cognitive Load*), zeigten jeweils hohe Signifikanzen (alle: $p < .001$).
Darüber hinaus führten wir ANOVAs mit wiederholten Messungen (E1 vs. E2) durch, eine für jede Barrierefreiheitsdimension und das Geschlecht als Zwischenfaktor. Die Ergebnisse zeigen (Tabelle 2) signifikante Effekte für den Wiederholungsfaktor, was darauf hindeutet, dass geschlechtsunabhängig Experiment 2 als zugänglicher wahrgenommen wurde.

Tabelle 2: Ergebnisse der MANOVAs der drei Dimensionen der Barrierefreiheit

Dimen-	Experiment (E1 vs. E2)			Geschlecht			Interaktion		
sion	F (1,64)	p	$_p\eta^2$	F (1,64)	p	$_p\eta^2$	F (1,64)	p	$_p\eta^2$
Handlung	**17.199**	**< .001**	**.21**	0.08	.789	.21	2.91	.093	.04
Sprache	**4,92**	**0.030**	**.07**	0.71	.404	.01	2.59	.112	.04
Sehen	**22,79**	**< .001**	**.26**	0.115	.115	.04	**6.35**	**.014**	**.09**

Diskussion und Ausblick

Wir entwickelten und pilotierten eine theoriegeleitete Lernumgebung, um Einblicke in eine Online-Lernumgebung im Comic-Stil zur Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenz, insbesondere des Experimentierens für alle Schüler*innen, unter Berücksichtigung von Zugänglichkeit und Stereotypfreiheit zu gewinnen. Die Ergebnisse der Pilotierung sind hierbei vielversprechend. Offen bleibt aktuell, ob der angenommene Zusammenhang zwischen der barrierefreien Lernumgebung und einem positiven Lernzuwachs auch nachgewiesen werden kann.
Bisher kann es als positiv angesehen werden, dass Mädchen die Anleitungen im Comic-Stil motivierender fanden als Jungen, da dies eine Möglichkeit darstellen könnte, die Motivation von Mädchen für naturwissenschaftliche Themen zu fördern. Außerdem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass E2 als zugänglicher empfunden wurde als E1. Dies könnte entweder auf Trainingseffekte aufgrund des wiederholten Versuchsprozesses (Greene, 2008; Wiggins et al., 2021) oder darauf zurückzuführen sein, dass die Euro-Münzen in E2 von den Schüler*innen vertrauter sind. Unabhängig davon, deuten die deskriptiven Werte der Barrierefreiheitsdimensionen und der *Cognitive Load* auf eine hohe Zugänglichkeit beider Experimente (E1 und E2) hin, durch die Korrelationen von Barrierefreiheit und *Cognitive Load* konnten diese Ergebnisse bestätigt werden.
Diese Ergebnisse unterstreichen, dass naturwissenschaftliche Thematiken durch zugängliche Online-Lernumgebungen effektiv unterstützt und motivierend vermittelt werden können. Online-Lernumgebungen sind somit ein Instrument, um grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte so einzuführen, dass SchülerInnen selbständig experimentieren können.

Literatur

Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. Journal of Research in Science Teaching, 45(9), 971–1002.

CAST. (2018). Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2. http://udlguidelines.cast.org

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. Springer New York, NY.

Fiedler, K., & Beier, S. (2015). Affect and cognitive processes in educational contexts. In International Handbook of Emotions in Education (Bd. 698, S. 36–55). Routledge.

Graesser, A. C., & D'Mello, S. (2012). Emotions during the learning of difficult material. In B. H. Ross (Hrsg.), The Psychology of Learning and Motivation (Bd. 57, S. 183–225). Elsevier.

Graichen, M., Jungbluth, T. & Mikelskis-Seifert, S. (2023). Pädagogische Agenten für digital unterstütztes Experimentieren mit Comics. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt (S. 290-293). Nürnberg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP).

Graichen, M., Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., Rollet, W., & Scharenberg, K. (in preparation). Evaluating the Accessibility of Experimental Instructions in Inclusive Science Classrooms – Developing and Validating a Measurement Instrument.

Greene, R. L. (2008). Repetition and Spacing Effects. In J. H. Byrne (Ed.), Learning and memory: A comprehensive reference. Cognitive Psychology of Memory. (1st ed, Vol. 2, pp. 65–78). Elsevier.

Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. Learning and Instruction, 12(4), 447–465. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00010-X

Jee, B. D., & Anggoro, F. K. (2012). Comic Cognition: Exploring the Potential Cognitive Impacts of Science Comics. Journal of Cognitive Education and Psychology, 11(2), 196–208.

KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Detuschland. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand.

Kromka, S. M., & Goodboy, A. K. (2019). Classroom storytelling: Using instructor narratives to increase student recall, affect, and attention. Communication Education, 68(1), 20–43.

Laçin-Şimşek, C. (2019). What Can Stories on History of Science Give to Students? Thoughts of Science Teachers Candidates. International Journal of Instruction, 12(1), 99–112.

Mayer, R. E. (2010). Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning (R. Moreno, Ed.). In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 131–152). Cambridge University Press.

OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development] (Ed.). (2016). PISA 2015 results. OECD.

Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., Scharenberg, K., & Rollet, W. (2021). Das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion: 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 118–132). Beltz Juventa.

Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. Educational Psychologist, 37(2), 91–105.

Schirmer, B. (2019). Nur dabei zu sein reicht nicht: Lernen im inklusiven schulischen Setting [Just being there is not enough: learning in an inclusive school setting] (V. Bernard-Opitz, Ed.; 1. Auflage). Verlag W. Kohlhammer.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46(3), 407–441.

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30.

United Nations (2008). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, A/RES/61/106 (2008).

Wiggins, B. L., Sefi-Cyr, H., Lily, L. S., & Dahlberg, C. L. (2021). Repetition Is Important to Students and Their Understanding during Laboratory Courses That Include Research. Journal of Microbiology & Biology Education, 22(2), e00158-21.

Elisabeth Hofer[1] [1]Leuphana Universität Lüneburg

Inklusive Gestaltung einer Einheit offenen Forschenden Lernens

Einleitung & Problemstellung

Offenes Forschendes Lernen (oFL) ist ein Unterrichtsansatz, bei dem die Lernenden eigene Fragestellungen formulieren und davon ausgehend Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung selbstständig planen, durchführen und dokumentieren (z. B. Hofer & Puddu, 2020; NGSS Lead States, 2013). Die Lehrperson strukturiert und begleitet den Erkenntnisgewinnungsprozess und unterstützt die Lernenden mit entsprechenden Scaffolding-Maßnahmen (z. B. Arnold et al., 2017). Bei angemessener Einführung und Unterstützung hat oFL das Potenzial, Lernende in ihrem Wissens- und Kompetenzerwerb, insbesondere im Bereich ‚Fragen stellen und Probleme definieren', zu fördern (z. B. NGSS Lead States, 2013). Durch die Offenheit des Settings kann dem Bedürfnis nach Autonomie und Selbstbestimmung (z. B. Ryan & Deci, 2000) Rechnung getragen werden, was sich nicht nur auf die Motivation der Lernenden, sondern auch auf deren Kreativität und Problemlösefähigkeiten positiv auswirkt (z. B. Jiang & McComas, 2015). Zudem eröffnet oFL individuelle Erfahrungs- und Lernwege, wodurch sich Möglichkeiten einer potentialorientierten, inklusiven Gestaltung ergeben (z. B. Abels & Koliander, 2017; Wilmes & Siry, 2018).

Die praktische Umsetzung inklusiv gestalteter Lernumgebungen im Sinne oFLs geht allerdings mit einer Vielzahl an Herausforderungen einher. Das notwendige Maß an Flexibilität und Adaptivität ist vor dem Hintergrund traditioneller Fachkulturen und unter den häufig vorherrschenden starren organisatorischen Rahmenbedingungen oft nur schwer aufzubringen (z. B. Abels et al., 2018; Riegert & Musenberg, 2015). Zudem erfordert angemessenes Scaffolding vielfältige Kompetenzen seitens der Lehrkräfte, die meist nicht auf fundierte Erfahrungen mit oFL und dessen Begleitung zurückgreifen können (z. B. Arnold et al., 2014). Diese Herausforderungen führen dazu, dass inklusive Lernumgebungen im Sinne oFLs kaum bzw. in einer nicht angemessenen Form umgesetzt werden (z. B. Forbes et al., 2020; Riegert & Musenberg, 2015), wodurch sich unterschiedliche Problemstellungen für die fachdidaktische Forschung in diesem Themenfeld ergeben. Um die Umsetzbarkeit, Akzeptanz und schließlich auch Wirksamkeit solcher Lernumgebungen untersuchen zu können, müssen diese erst einmal konzipiert und durch entsprechend kompetente Lernbegleiter*innen in der Umsetzung erprobt werden. Darüber hinaus gilt es etablierte Forschungszugänge, -methoden und -instrumente an die geänderten Anforderungen (zieldifferentes Setting, flexible und individuelle Lernwege, inklusive Gestaltung und Scaffolding) anzupassen und ggf. neu zu entwickeln (z. B. Black-Hawkins, 2014; Pawlak et al., 2023).

In diesem Beitrag wird die theoriegeleitete Konzeption einer inklusiv gestalteten Lernumgebung im Sinne oFLs vorgestellt und es wird ein Einblick in die Ergebnisse der Erprobung gegeben. In der Lernumgebung zum Thema ‚Dem Zucker auf der Spur' untersuchen Schüler*innen in Kleingruppen Fruchtsäfte und andere Getränke hinsichtlich ihres Zuckergehalts. Die Lernumgebung ist für die Bearbeitung durch Schüler*innen ab der 7. Jahrgangsstufe im Rahmen eines Halbtags am außerschulischen Lernort gedacht und wurde in der Leuphana Lernwerkstatt Lüneburg erprobt.

Konzeption der Lernumgebung

Als Grundlage für die Konzeption der Lernumgebung dienten die Arbeiten des ‚Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)', die eine systematische Verknüpfung der naturwissenschaftsdidaktischen und inklusionspädagogischen Perspektive vorsehen (Stinken-Rösner et al., 2020; siehe Abb. 1). Die Planung inklusiver naturwissenschaftlicher Lernumgebungen erfolgt dabei ausgehend von einem naturwissenschaftlichen Kontext, wobei für jede Spalte der naturwissenschaftsdidaktischen Perspektive der inklusionspädagogische Dreischritt – *Diversität anerkennen*, *Barrieren erkennen* und *Partizipation ermöglichen* – durchlaufen wird. Als Hilfestellung steht ein Unterstützungsraster zur Verfügung, das für jeden Knotenpunkt im Schema jeweils ein bis fünf Leitfragen beinhaltet, die den Planungsprozess strukturieren (Ferreira González et al., 2021).

Für die Lernumgebung „Dem Zucker auf der Spur" wurde ein Kontext (im Sinne eines thematischen Kontextverständnisses) aus der Alltagswelt der Schüler*innen gewählt, der die Adressierung inhaltlicher und prozessbezogener Kompetenzen ermöglicht (Weirauch et al., 2022). Von diesem Kontext ausgehend wurden schließlich die im NinU-Unterstützungsraster enthaltenen Fragestellungen systematisch abgearbeitet, wobei der Fokus auf der Spalte C (naturw. Erkenntnisgewinnung betreiben) lag. Im Folgenden werden die Überlegungen zur inklusiven Gestaltung der Lernumgebungen exemplarisch für drei ausgewählte Knotenpunkte des Schemas (siehe Abb. 1) dargelegt.

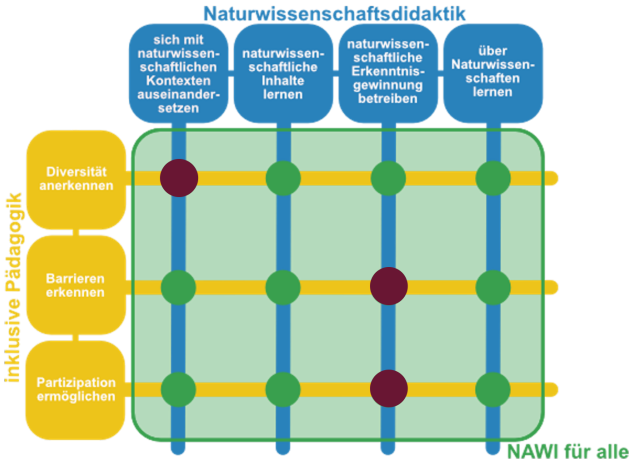


Abb. 1. Das NinU-Schema (übersetzt nach Stinken-Rösner et al., 2020, S. 37). Die Markierungen kennzeichnen die zur Erläuterung ausgewählten Knotenpunkte.

Diversität in Hinblick auf die Auseinandersetzung mit dem naturw. Kontext anerkennen (I.A)

Um mit dem gewählten Kontext eine Relevanz bzw. einen Alltagsbezug für möglichst viele Schüler*innen zu schaffen, wurden bei der Auswahl der Materialien sozio-kulturelle Aspekte (z. B. Auswahl von Obstsorten, Einbezug von Softdrinks), sprachliche Aspekte (z. B. Bezeichnungen und Begrifflichkeiten) und physische Aspekte (z. B. Geschmack, Unverträglichkeiten) berücksichtigt. Zudem wurden relevante Vorstellungen zum Kontext (z. B. zur Herstellung und Produktion von Fruchtsäften und Getränken oder zu den Alltagsbezeichnungen „natürlich" und „künstlich") sowie Wissen und Erfahrungen aus der eigenen Lebenswelt (z. B. Konsumverhalten und -empfehlungen, Veranschaulichungen des Zuckergehalst mit Würfelzucker) in den Blick genommen (vgl. Stinken -Rösner et al., 2020).

Barrieren beim Betreiben naturw. Erkenntnisgewinnung erkennen (III.B)
Wird der gewählte Kontext im Sinne naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bearbeitet, so können dabei u. a. folgende Barrieren auftreten (Stinken-Rösner et al., 2020):
- Kognitive Barrieren: Vorgehensweise bei einzelnen Untersuchungsschritten; Vertrautheit mit Geräten und Methoden; Erfassen der Funktionsweise von Untersuchungsmethoden; Anwendung der Variablenkontrollstrategie
- Physische Barrieren: (feinmotorisches) Handling von Geräten und Materialien; optische Auswertung (Farben) im Rahmen der Untersuchung
- Sozio-kulturelle Barrieren: Bekanntheit und Verwendung bestimmter Getränke (Unverträglichkeiten, kulturelle Verankerung)
- Sprachliche Barrieren: Begrifflichkeiten wie „Schorle“, „pur“, „verdünnt“, „sprudelnd“

Partizipation beim Betreiben naturw. Erkenntnisgewinnung ermöglichen (III.C)
Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Zeilen I (*Diversität anerkennen*) und II (*Barrieren erkennen*) wurden folgende Gestaltungskriterien herangezogen (z. B. Brauns & Abels, 2021), um möglichst allen Schüler*innen Partizipation zu ermöglichen:
- Zugänglichkeit schaffen: basal-perspektiv (riechen, schmecken); konkret-handelnd (Untersuchung der Getränke); anschaulich-bildhaft (Flaschen, Etiketten, Bilder der Früchte); symbolisch-abstrakt (Verwendung der Nährwertangaben)
- Barrieren überwinden: Aktivitäten beschreiben und besprechen; Untersuchungsansatz (Methode) vorschlagen; Materialauswahl anbieten; Dokumentationsform (Text, Bild, Video) zur Wahl lassen; Informationskarten (sprachlich, prozedural) zur Verfügung stellen
- Aktivierung: Kontext in Einstiegsphase erfahrbar machen; freie Getränkewahl (Apfel, Orange, Traube, Cola, Eistee); Formulierung von Vermutungen (vor dem Experimentieren); Arbeit in Kleingruppen (Aufgabenverteilung, ausreichend Experimentiermaterial)
- Ko-Konstruktion: mehrere Vermutungen auswählen; verschiedene Untersuchungen bzw. Vergleich (von unterschiedlichen Getränken) ermöglichen; aus individuellen Fragen und Vermutungen gemeinschaftlich auswählen
- Individuelle Unterstützung: Etiketten in Erstsprache anbieten; weniger sensible Geräte anbieten; mit größeren Volumina arbeiten; mit vergrößerten Skalen arbeiten / Symboleinheiten vorbereiten; Experimentierassistenz zur Verfügung stellen

Erprobung der Lernumgebung und Ausblick
Die entwickelte Lernumgebung wurde im ersten Halbjahr 2023 mit elf Lernendengruppen (7 Schulklassen, 2 Studierendengruppen, 1 Studienseminar, 1 Lehrkräfte-Fortbildung) erprobt, wobei Ablauf, Instruktion und Lernbegleitung, Materialauswahl sowie Dokumentationsvorgaben variiert wurden. Dabei zeigte sich, dass die Lernumgebung thematische und untersuchbare Fragen (z. B. Lombard & Schneider, 2013) fördert und die Teilnehmer*innen ins Handeln bringt (produktive Praktiken; Tang et al., 2010). Zudem erwies sich die Lernumgebung als ressourcenschonend (Zeit, Verbrauchsmaterial, Personen) und praktikabel in der Umsetzung und scheint lernförderlich im Sinne eines konzeptuellen, prozeduralen und epistemischen Wissens- und Kompetenzzuwachses zu sein.
Nach der mehrfachen Erprobung der entwickelten Lernumgebung gilt es nun, die instruktionale Struktur sowie die eingesetzten Materialien final zu überarbeiten und letzte Adaptionen und Ergänzungen vorzunehmen. Parallel dazu können das Forschungsdesiderat ausgeschärft, das Forschungsdesign entwickelt und die Methoden und Instrumente für die systematische, empirische Untersuchung der Lernumgebung ausgewählt werden.

Literatur

Abels, S., Heidinger, C., Koliander, B., & Plotz, T. (2018). Die Notwendigkeit der Verhandlung widersprüchlicher Anforderungen an das Lehren von Chemie an einer inklusiven Schule – Eine Fallstudie. Zeitschrift Für Interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, 1(7), 135–151.

Abels, S. & Koliander, B. (2017). Forschendes Lernen als Beispiel eines inklusiven Ansatzes für den Fachunterricht. In B. Schörkhuber, M. Rabl & H. Svehla (Hrsg.), Vielfalt als Chance (S. 53-60). LIT.

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 21–37.

Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? International Journal of Science Education, 36(16), 2719-2749.

Black-Hawkins, K. (2014). Researching Inclusive Classroom Practices: The Framework for Participation. In L. Florian (Eds.), The SAGE Handbook of Special Education (Vol. 1, 2nd Ed.) (pp. 389-403). Sage.

Brauns, S. & Abels, S. (2021). The Framework for Inclusive Science Education (Inclusive Science Education 1/2020 (2nd ed.). Leuphana University, Science Education.

Ferreira González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 191–215). Beltz Juventa.

Forbes, C. T., Neumann, K., & Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015. International Journal of Science Education, 42(5), 783–806.

Hofer, E., & Puddu, S. (2020). Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht—Begrifflichkeiten, Ausprägungen, Zielsetzungen. In A. Eghtessad, T. Kosler, & C. Oberhauser (Hrsg.), Transfer Forschung-Schule. Forschendes Lernen (Bd. 6, S. 57–71). Verlag Julius Klinkhardt.

Jiang, F., & McComas, W. F. (2015). The effects of inquiry teaching on student science achievement and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. International Journal of Science Education, 37(3), 554–576.

Liljestrom, A., Enkenberg, J. & Pollanen, S. (2013). Making Learning Whole: An Instructional Approach for Mediating the Practices of Authentic Science Inquiries. Cultural Studies of Science Education, 8(1), 51-86.

Lombard, F. E., & Schneider, D. K. (2013). Good student questions in inquiry learning. Journal of Biological Education, 47(3), 166-174.

NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. National Academies Press.

Pawlak, F., Menthe, J., Watts, E. & Stinken-Rösner, L. (2023). Herausforderung in der Beforschung von inklusiven Nawi-Unterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022 (Bd. 43, S. 398-401). Universität Duisburg-Essen.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American psychologist, 55(1), 68.

Riegert, J., Musenberg, O. (Hrsg.) (2015). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Kohlhammer.

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45.

Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., & Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. Science education, 94(1), 29-47.

Weirauch, K., Hüfner, S., Abels, S., & Menthe, J. (2022). Welches Kontextverständnis braucht der inklusive Nawi-Unterricht? Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Online Jahrestagung 2021 (S. 356-359). Universität Duisburg-Essen.

Anja Tschiersch[1] [1]Universität Potsdam
Amitabh Banerji[1]

Akzeptanzuntersuchung eines AR-Autorentools bei Chemielehrkräfte

Die Bedeutung von Augmented Reality (AR) nimmt im naturwissenschaftlichen Unterricht stetig zu. Ein Grund dafür ist die zunehmende Verfügbarkeit von AR-Autorentools, die es Einzelpersonen ermöglicht, ihre eigenen AR-Inhalte zu erstellen, ohne dafür Programmierkenntnisse zu benötigen (Tschiersch et al., 2021). Zudem ist der Einsatz von 3D-Modellen sowie die dynamische Visualisierung von Teilchenprozessen mittels Animationen für den Chemieunterricht recht vielversprechend (Probst et al., 2021; Huwer et al., 2019; Kempke & Zeidler, 2023). Unter AR wird die Kombination von realen und virtuellen Inhalten verstanden, wobei die reale Umgebung mit digitalen Elementen angereichert wird. Was AR auszeichnet, ist die Interaktivität in Echtzeit und die Integration in den dreidimensionalen Raum der realen Umgebung (Azuma, 1997). Für den Transfer von solch neuen Technologien oder innovativen Lehr-Lernprodukten ist die Bereitschaft von Lehrer*innen, diese im eigenen Unterricht einzusetzen, grundlegend (Petko & Döbeli Honegger, 2011; Dörschelln, 2019). Neben dem Zugang zu Materialien bedeutet dies, eine Unterstützungsmöglichkeit zu schaffen, sodass Lehrer*innen selbst handlungsfähig werden (Goldenbaum, 2012). Trotz des starken Anstiegs von Veröffentlichungen zu AR im Bildungsbereich besteht aktuell noch eine erhebliche Forschungslücke in der Lehrer*innenaus- und -weiterbildung (Wyss et al., 2022; Buchner et al., 2022).

Im Promotionsprojekt leARn chemistry wird das Ziel verfolgt, im partizipativen Austausch mit Lehrkräften zum einen Kriterien für eine Einbindung von AR-Lehr-/Lernmaterialien im Chemieunterricht herauszustellen und zum anderen im Rahmen von Fortbildungen Chemielehrkräfte zu befähigen, selbstständig AR-Elemente für den eigenen Chemieunterricht zu erstellen und die Akzeptanz gegenüber dem im Projekt gewählten Autorentool BlippAR zu untersuchen. In diesem Tagungsbeitrag werden die Ergebnisse der Akzeptanzuntersuchung fokussiert und erstmalig präsentiert. Die inhaltliche Konzeption der Fortbildung und die Beschreibung des Autorentool wurde bereits im Tagungsbeitrag der DiCE23 thematisiert.

Das Konzept der Technikakzeptanz beschreibt die Akzeptanz und Nutzung von neuer Technologie bei einer bestimmten Zielgruppe (Davis, 1989). Das Kausalmodel zur Akzeptanzuntersuchung wurde an die Studie von Robinson (2005) angelehnt und um die Vorerfahrung und Usabilty erweitert (Abb.y 1). Um die Akzeptanz zu ermitteln wurde ein

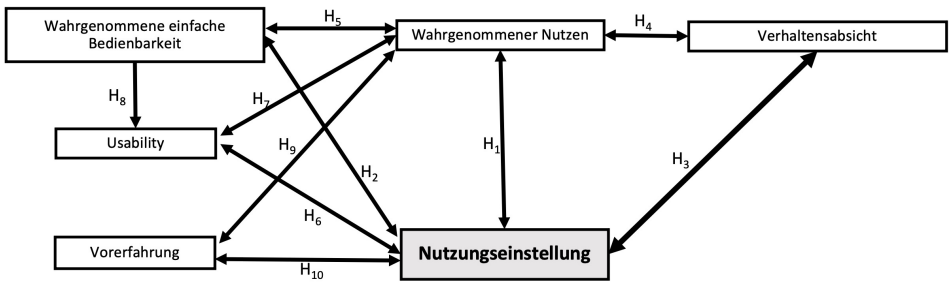


Abb. 1 Kausalmodel zur Akzeptanzuntersuchung angelehnt an Robinson (2005).

Fragebogen entwickelt, der die sechs Skalen des Kausalmodells erfasst. Die Items wurden dabei in einer fünfstufigen Likertskala aufgenommen und basieren auf das Technology Acceptance Model (TAM) nach Davis (1989), dem Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) von Venkatesh und Kollegen (2003). Die Zusammenstellung des gesamten Erhebungsinstruments und der internen Konsistenz (Cronbachs alpha) nach der Erhebung wird in Tabelle 1 dargelegt. Folgende Untersuchungsfragen sollen in diesem Studienteil behandelt werden:

- Inwiefern schätzen die an der Fortbildung teilnehmenden Chemielehrkräfte das Autorentool BlippAR hinsichtlich ihrer Nutzungseinstellung, des wahrgenommenen Nutzens, der Bedienbarkeit und der Verhaltensabsicht als geeignet für das Erstellen von AR-Lern-Lehrmaterialien für den Chemieunterricht ein?
- Inwiefern sind die angenommenen Korrelationen zwischen den Skalen der Nutzungseinstellung, des wahrgenommenes Nutzens, der Bedienbarkeit und der Verhaltensabsicht bezüglich BlippAR in der untersuchten Stichprobe nachweisbar?

	Item-anzahl	**Cronbachs Alpha**
Soziografische Daten (Geschlecht, Alter, Fächer, Dienstjahre, Dauer/Art der Fortbildung)		
Vorerfahrung (Venkatesh et al. 2003)	6	0,660
wahrgenommene einfache Bedienbarkeit (Davis, 1989)	4	0,859
Nutzungseinstellung (Venkatesh et al., 2003)	4	0,820
Wahrgenoammener Nutzen (Davis, 1989)	4	0,866
Usability (An et al., 2020)	9	0,768
Verhaltensabsicht (Venkatesh et al., 2003)	1	
Offene Fragen (Stärken, Schwächen des Programms, Ideen für AR im Chemieunterricht)		

Tabelle 1: Skalen und interne Konsistenzen (Cronbachs alpha) des Erhebungsinstruments

Es haben insgesamt 45 Chemielehrkräfte im Anschluss einer Fortbildung an der Erhebung teilgenommen. Hierbei haben 24 Lehrkräfte (aus Brandenburg, NRW und Hessen) an einer fünfstündigen sowie 13 Lehrkräfte (aus Österreich) an einer dreistündigen Präsenzveranstaltung freiwillig teilgenommen. Darüber hinaus haben acht Teilnehmende online an einem einstündigen Format teilgenommen. Aufgrund von organisatorisch Gegebenheit kam es zu den verschieden Fortbildungsformaten und deshalb ergibt sich folgende Nebenfragestellung: Inwiefern hat die Fortbildungslänge und das Format einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungseinstellung, wahrgenommene einfache Bedienbarkeit, wahrgenommenen Nutzen, Verhaltensabsicht und Usability. Dies führt dazu, dass in der folgenden Ergebnisdarstellungen die einzelnen Gruppen und die Gesamtmenge gezeigt werden. Beispielhaft werden die Ergebnisse der Nutzungseinstellung, wahrgenommenen einfachen Bedienbarkeit, wahrgenommener Nutzen und Verhaltensabsicht in Abb. 2 grafisch dargestellt und Korrelationskoeffizienten nach Spearman in Tabelle 2 mit den dazugehörigen Untersuchungshypothesen dargelegt.

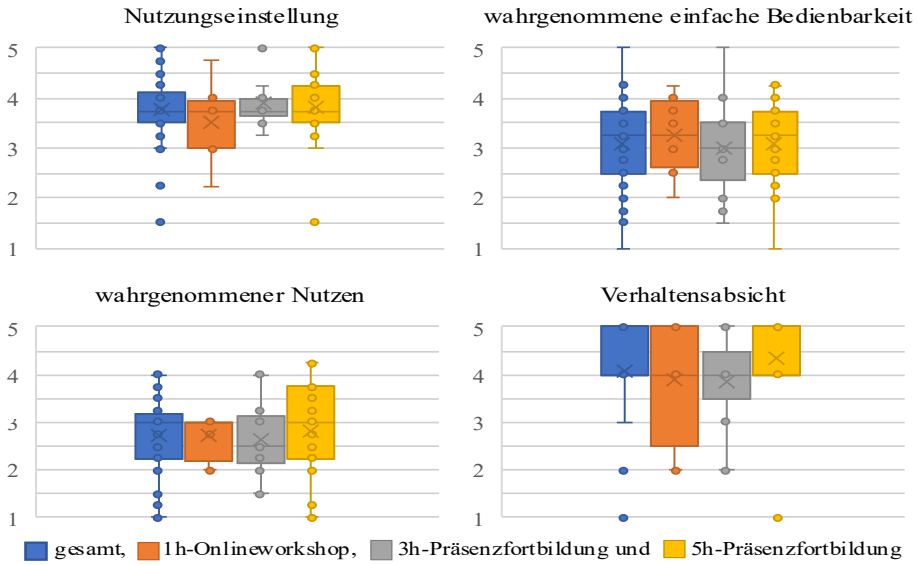


Abb. 2 Boxplotdarstellungen von ausgewählten Ergebnisse der Akzeptanzuntersuchung

Untersuchungshypothese H_x, →: *Je höher…, desto höher ….*

H_1	wahrgenommener Nutzen → Nutzungseinstellung	0,352 *	bestätigt
H_2	wahrgenommene einfache Bedienbarkeit → Nutzungseinstellung	0,389**	bestätigt
H_3	Nutzungseinstellung → Verhaltensabsicht	0,394**	bestätigt
H_4	wahrgenommener Nutzen → Verhaltensabsicht	0,438**	bestätigt
H_5	wahrgenommene einfache Bedienbarkeit → wahrgenommener Nutzen	$0{,}266^{[0{,}077]}$	bestätigt
H_6	Usability → Nutzungseinstellung	0,322*	bestätigt
H_7	Usability → wahrgenommener Nutzen	0,311*	bestätigt
H_8	wahrgenommene einfache Bedienbarkeit → Usability	0,638**	bestätigt
H_9	Vorerfahrung → wahrgenommener Nutzen	0,297*	bestätigt
H_{10}	Vorerfahrung → Nutzungseinstellung	0,319*	bestätigt

Tabelle 2: Effektstärken und Signifikanzniveaus (=0,05 und **=0,01) der Untersuchungshypothesen des Kausalmodels zur Akzeptanzuntersuchung*

Fazit

Das verwendete Kausalmodell (Abb. 1) stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um die Akzeptanz für ein AR-Autorentool bei Chemielehrkräften zu untersuchen. Besonders positive Tendenzen in Bezug auf die Nutzungseinstellung, Verhaltensabsicht und die wahrgenommene einfache Bedienbarkeit legen nahe, dass das Autorentool BlippAR für die Erstellung von AR im Chemieunterricht von den Lehrkräften als geeignet gesehen wird. Ergänzend dazu ist jedoch eine qualitative Studie nötig, um die von den Lehrkräften wahrgenommenen Stärken und Schwächen des Autorentool explizit nennen zu können. Bemerkenswert ist, dass die Dauer oder das Format der Fortbildung zum Tool laut dem Kruskal-Wallis-Test keinen signifikanten Einfluss auf diese Einschätzung zu haben scheint. Dies deutet darauf hin, dass das Tool einen einfachen Zugang ohne große Einarbeitungszeit bei Chemielehrkräften bietet.

Literatur

An, J., Poly, L.-P., und Holme, T.A. (2020). Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning. J. Chem. Educ., 97 (1), 97–105

Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6 (4), 355–385

Buchner, J., Buntins, K., und Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. Computer Assisted Learning, 38 (1), 285–303

Davis, F.D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly, 13 (3), 319

Dörschelln, J. (2019). Organische Leuchtdioden: Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht, Berlin: Logos Verlag

Goldenbaum, A. (2012). Innovationsmanagement in Schulen, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Huwer, J., Lauer, L., Dörrenbächer-Ulrich, L., Perels, F., & Thyssen, C. (2019). Chemie neu erleben mit Augmented Reality - Neue Möglichkeiten der individuellen Förderung. MNU Journal, 5, 420–427

Kempke, T., & Zeidler, J. (2023). Augmented Reality in inclusive chemistry education. Chemkon, 30 (5), 205–211

Petko, D., & Döbeli Honegger, B. (2011). Digitale Medien in der schweizerischen Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Hintergründe, Ansätze und Perspektiven. 29(2), 155–171

Probst, C., Fetzer, D., Lukas, S., & Huwer, J. (2021). Effects of using augmented reality (AR) in visualizing a dynamic particle model. Chemkon, 29(4), 164-170

Robinson, L., Marshall, G. W., & Stamps, M. B. (2005). An empirical investigation of technology acceptance in a field sales force setting. Industrial Marketing Management, 34(4), 407–415

Tschiersch, A., & Banerji A.(2023). Augmented Reality Lehr-Lernmaterialien mit dem Tool BlippAR selbst entwickeln – Eine Projekt- und Toolvorstellung. In I. Rubner, T. Wilke, S. Syskowski, D. Ditter, N. ter Horst, A. Tschiersch, D. Weiser (Hrsg.), DiCE 2023 Conference Proceedings, Jena: Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek Jena (angenommen)

Tschiersch, A., Krug, M., Huwer, J., & Banerji, A. (2021). ARbeiten mit erweiterter Realität im Chemieunterricht – ein Überblick über Augmented Reality in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernszenarien. CHEMKON, 28 (6), 241–244

Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., & Davis, F.D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly, 27 (3), 425–478

Wyss, C., Furrer, F., Degonda, A., und Bührer, W. (2022). Augmented Reality in der Hochschullehre: Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen. Medien Pädagogik, 47, 118–137

Melanie Ripsam Technische Universität München
Claudia Nerdel Technische Universität München

AR zur Förderung des Stoff-Teilchen-Konzeptverständnisses bei Lehrkräften

Theoretischer Hintergrund

Die Chemie lässt sich in drei Ebenen teilen (Johnstone, 2000): Die makroskopische Ebene beschreibt reale, beobachtbare Phänomene der stofflichen Welt. Die submikroskopische Ebene fokussiert Teilchen (z.B. Atome) und ihre Bewegungen, um den Aufbau der Materie zu modellieren. Die repräsentative Ebene umfasst Texte, Bilder und Symbole (Schnotz, 2002), welche zu MER[1] verknüpft werden können. Internationale Studien bestätigen, dass Novizen oftmals Schwierigkeiten haben Symbole als Veranschaulichung von realen Phänomenen zu begreifen (Kozma & Russell, 2005; Santos & Arroio, 2016). Ferner wird der Teilchenbegriff häufig inkonsistent genutzt oder fälschlicherweise mit der Stoffebene vermischt (Devetak et al., 2004). Darüber hinaus offenbaren sich Probleme im adäquaten Umgang mit der chemischen Fachsprache, v.a. bei Repräsentationswechseln (Ainsworth, 2006). Der Lehrkraft kommt daher eine Vorbildfunktion zu, bei der inhaltlichen Vermittlung des Stoff-Teilchenkonzepts chemische Fachsprache korrekt anzuwenden. Jedoch weisen auch (angehende) Lehrpersonen bei Erläuterungen zu Stoff-Teilchen-Ebenenwechseln oftmals mangelnde Sprachfertigkeiten auf und differenzieren unzureichend zwischen den Ebenen (Justi & Gilbert, 2002; van Driel & Verloop, 2002). Häufig wird der präzise Einsatz von Fachbegriffen als redundant angesehen (Rodić et al., 2018) und die Modellierungskompetenz der Lernenden überschätzt. Entsprechend führen auch Lehrkräften fehlerbehaftete Stoff-Teilchen-Ebenenwechsel durch (Farida et al., 2010). Damit scheint das Stoff-Teilchen-Konzeptverständnis sowohl schwer lern- als auch lehrbar zu sein. Durch die zunehmende Digitalisierung von Schule und Unterricht bietet es sich an, digitale Medien als Fördermaßnahme in die fachspezifische Lehrerbildung und –fortbildung zu integrieren (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern, 2017). Digitale Medien können Prozesse, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, gemeinsam mit dem realen Phänomen sichtbar gemacht werden (Farida et al., 2010; Huwer et al., 2019). Bei Augmented Reality (AR) befindet man sich in einer realen Umgebung, die zugleich Realität erweiternde Elemente enthält und eine Interaktion mit zwei- und dreidimensionalen AR-Objekten erlaubt (Azuma, 1997; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Während AR-Objekte mittels Kamerafunktion auf dem Tablet-Display eine digital replizierte Abbildung der Realwelt überlagern, sorgt der Blick durch die AR-Brille (HMD[2]-AR-Technik) für eine immersive Integration dieser in die reale Umgebung (Lauer & Peschel, 2023). Werden bei Ablauf eines realen Experiments unter Berücksichtigung der Dynamik submikroskopische Teilchen als (M)ER virtuell in das Experiment eingeblendet, können diese Informationen räumlich und zeitlich verbunden, sowie semantisch im Zusammenhang stehend gezeigt werden (Chavan, 2016). Nach dem Kohärenz- und Kontiguitätsprinzip von Fiorella und Mayer (2021) sollte diese simultane Präsentation positive Lerneffekte mit der Stoff- und Teilchenebene erzielen. Entsprechend wird ein Split-Attention-Effekt vermieden, wodurch die kognitive Verarbeitung bei der Text-Bild-

[1] Multiple Externe Repräsentationen
[2] Head Mounted Display (AR-Brille)

Integration gefördert werden sollte (Ayres & Sweller, 2021; Schnotz & Bannert, 2003). AR bietet damit neue Chancen zum erfolgreichen Lernen in den Ebenen nach Johnstone (2000).

Wissenschaftliche Fragestellungen

FF1 aus Teilstudie 1: Lassen sich mithilfe der verwendeten AR-Lernumgebung das Stoff-Teilchen-Konzeptverständnis von Chemielehrkräften fördern?
FF2 aus Teilstudie 2: Inwieweit kann durch die interaktive Verwendung von (immersiven) AR-(M)ER das Stoff-Teilchen-Konzeptverständnis bei Chemielehrkräften gefördert werden?

Methodik

Experimentelle Designs, Stichprobe und Ablauf der Datenerhebung

Die zwei Teilstudien sind jeweils in einem einfaktoriellen Prä-Post-Design gestaltet, in denen das Stoff-Teilchen-Konzeptverständnis als abhängige Variable (AV) operationalisiert wurde. Die unabhängige Variable (UV1) von Teilstudie 1 (N = 40) besteht in der medialen und instruktionalen Gestaltung der Lernumgebung und besitzt zwei Ausprägungen. Variiert wird die Benutzersteuerung in der AR-Lernumgebung bzw. in der Simulation unter Berücksichtigung der virtuellen bzw. der animierten (M)ER. Beide Lernumgebungen sind auf dem Tablet aufrufbar und informationsgleich. In Teilstudie 2 (N = 40) wurde die Interaktivität in der AR-Lernumgebung als unabhängige Variable (UV2) mit zwei Ausprägungen betrachtet: Die AR-(M)ER können mit dem Tablet interaktiv auf dem Bildschirm und mit der AR-Brille immersiv in der realen Umgebung gesteuert werden. Die inhaltsgleichen Settings unterliegen nun einem Medienwechsel. Im Zeitraum von Dezember 2021 bis September 2022 wurde die Datenerhebung in den Fachdidaktik-Laboren der TUM oder den Schulen mit 60 Chemielehrkräften (Geschlecht: 65 % Frauen, 35 % Männer; Alter M = 28, SD = 5.2) durchgeführt. Die Probanden unterrichteten an Gymnasien, Fach- bzw. Berufsoberschulen (FOS/BOS) und Realschulen. Für das Treatment wurden die Chemielehrkräfte (N = 60) in drei Gruppen (jeweils: N = 20) aufgeteilt, die mit einer der drei Lernumgebungen arbeiteten. Vor und nach dem Treatment elaborierten sie jeweils fünf Testaufgaben per Lautem Denken.

AR-Lernumgebung, Erhebungsinstrumente und Auswertungsmethoden

Es wurde eine AR-Lernumgebung auf dem Tablet konzipiert, die die chemischen Prozesse der Elektrolyse von Zinkiodid durch augmentierte (M)ER auf eine reale Versuchsapparatur im Labor projiziert. Das Setting wurde anschließend auf zwei weitere inhaltsgleiche Lernszenarien (non-AR- und HMD-AR) übertragen. Für die Erfassung des Stoff-Teilchen-Konzeptverständnisses wurden zwei themenspezifische Tests zum Donator-Akzeptor-Konzept erstellt. Prä- und Posttest setzten sich mit jeweils 5 Aufgaben - davon zwei Ankeraufgaben - aus vier offenen Aufgaben und einer MC-Aufgabe zusammen. Die Testaufgaben intendierten Beschreibungen und Erklärungen chemischer Phänomene, wobei gezielt Stoff-Teilchenebenen-Wechsel forciert wurden. Da die Bearbeitung der Testaufgaben per lautem Denken stattfand, wurden die Protokolle des Lauten Denkens transkribiert und qualitativ nach Mayring (2010) in MAXQDA ausgewertet. Hierfür wurde ein Kategoriensystem zum Stoff-Teilchen-Konzept deduktiv nach Kroß und Lind (2001) konstruiert und anschließend induktiv am Datenmaterial angepasst. Die ersten drei Hauptkategorien lauten: „1. Hinzufügen von Wissenselementen durch Abruf von Wissen aus dem Gedächtnis“, „2. Vergeblicher Abruf von Vorwissen/Information aus dem Gedächtnis“ und „3. Hinzufügen von Wissen durch Wissenserzeugung mittels (logischer) Inferenzen“. Ein Ankerbeispiel aus Hauptkategorie 3 zum Schlussfolgern auf Stoffebene lautet: *„Wenn ich das*

Ganze jetzt eindampfen würde, (hätte ich) in fester Form das Salz NH_4Cl.“ (Proband 2 (AR), Prätest). Die doppelte Codierung von 10 % des Datenmaterials durch zwei unabhängige Rater lieferte ein zufriedenstellendes κ von .87.

Ergebnisse und Diskussion

Wirksamkeit von AR auf das Stoff-Teilchen-Konzeptverständnis (FF1)

Die 80 Transkripte (Prä- und Post) mit 6843 Statements (AR: 3468 und Simulation: 3375) zeigten von Messzeitpunkt 1 auf 2 eine erste Tendenz eines veränderten Elaborationsverhaltens, indem mehr „verstehensorientiert“ und weniger „suchorientiert“ sowie intensiver auf Stoffebene elaboriert wurde (Ankerbeispiel von Proband 4 (AR), Kategorie 3, Posttest: *„[…] Kupfer auf Stoffebene ist eben rot und ein einzelnes Atom hat keine Färbung.“*). Die Statements des Prätests bekräftigten die Schwierigkeiten mit den drei Ebenen. Entsprechend wurde im Posttest eine systematischere Nutzung von (M)ER, z.B. durch Fachbegriffe, ersichtlich (Ankerbeispiel von Proband 3 (AR) Kategorie 3, Posttest: *„[…] negative Ladung ausgehend vom Sauerstoff-Atom.“*), die dezidiertere Ebenenwechsel nach sich zog. Die positive Veränderung der kognitiven Verarbeitungsprozesse, u.a. durch den gewissenhafteren Umgang mit der repräsentativen Ebene, zeigte sich in beiden Gruppen, aber v.a. in AR-Gruppe. Die Befunde liefern den Trend, dass AR neue Chancen für das Denken in den drei Ebenen nach Johnstone (2000) bietet. Jedoch entwickelten sich die Elaborationsprofile bei nahezu allen Probanden in eine positive Richtung. Entsprechend scheinen die kognitive Informationsverarbeitungen in beiden Gruppen ähnlich gewesen zu sein (vgl. Altmeyer et al., 2020), wodurch ein Split-Attention-Effekt nicht nachgewiesen werden konnte. Ursache hierfür könnte das Tablet als „gängiges Medium“ darstellen, da es vermutlich einen hohen Grad an Authentizität mit sich brachte (vgl. Kuhn et al., 2017).

Auswirkungen der Interaktivität von AR auf das Stoff-Teilchen-Konzept-verständnis (FF2)

Mit 7213 Statements (AR: 3468 und HMD-AR: 3745) demonstrierten die 80 Transkripte (Prä- und Post) von ersten auf zweiten Messzeitpunkt ein verändertes Elaborationsverhalten in beiden Gruppen. Die zielbewusstere Nutzung der Ebenen wurde in der AR-Gruppe wesentlich stärker als in der HMD-AR-Gruppe ersichtlich. Wohingegen sich die AR-Gruppe dezidierter in allen drei Ebenen nach Johnstone (2000) bewegte, fokussierte sich die HMD-AR-Gruppe tendenziell auf eine Ebene (Ankerbeispiel von Proband 42 (HMD-AR), Kategorie 3, Posttest: *„Und generell würde ich in einer Ebene versuchen, zu bleiben.“).* Die Schwierigkeiten beim Herstellen von Beziehungen zwischen Stoff- und Teilchenebene (z.B. durch Vernachlässigung der Super-Lupe) blieben konsistent. Jedoch zeigte sich in der HMD-AR-Gruppe der Trend des dezidierten Umgangs mit (M)ER (Ankerbeispiel von Proband 55 (HMD-AR), Kategorie 3, Posttest*: „hier vermischt man auch Textebene mit Symbolebene.“).* Ursache hierfür könnte ein Expertise Reversal Effect (Kalyuga et al., 2003) sein. Gegebenenfalls gleichte die Elaboration der HMD-AR-Gruppe im Prätest derer von Experten. Das häufige Nennen von Zweifeln könnte dafürsprechen, dass die vorhandenen kognitiven Konstrukte aus dem Langzeitgedächtnis nicht mit den (M)ER auf Stoff- und Teilchenebene zusammengeführt werden konnten. Zu Messzeitpunkt 2 hingegen wurden kaum mehr Rückgriffe auf die mentalen Konstrukte vorgenommen. Die Elaboration der HMD-AR-Gruppe scheint durch das Treatment negativ beeinflusst worden zu sein. Zudem könnte die AR-Brille einen hohen *Extraneous Load* (Sweller, 2011) nach sich gezogen haben, wodurch das erfolgreiche Denken in den drei Ebenen nach Johnstone (2000) behindert wurde. Es ist folglich nicht auszuschließen, dass sich auch die technischen Probleme mit der AR-Brille wie Hitzentwicklung, Akkulaufzeit usw. negativ auf die Elaboration der Testbearbeitungen auswirkten (Scheerer, 2021).

Literaturverzeichnis

Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*, 183–198.

Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J. & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, *51*(3), 611–628. https://doi.org/10.1111/bjet.12900

Ayres, P. & Sweller, J. (2021). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 199–211). Cambridge University Press.

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *6*(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Chavan, S. R. (2016). Augmented Reality vs. Virtual Reality: Differences and Similarities. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology 5*, 1–6.

Devetak, I., Urbančič, M., Wissiak Grm, K. S., Krnel, D. & Glažar, S. A. (2004). Submicroscopic Representations as a tool for evaluating students' conceptions. *Acta chimica Slovenica*, *51*, 799–814.

Farida, I., Liliasari, Widyantoro, D. H. & Sopandi, W. (2010). Representational Competence's Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving. *International Seminar on Science Education*.

Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2021). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 185–198). Cambridge University Press.

Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern. (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *merz spektrum*, 65–74.

Huwer, J., Lauer, L., Dörrenbächer-Ulrich, L., Perels, F. & Thyssen. C. (2019). Chemie neu erleben mit Augmented Reality. Neue Möglichkeiten der individuellen Förderung. *MNU Journal*, 420–427.

Ibáñez, M. B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109–123.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, *1*(1), 9–15.

Justi, R. & Gilbert, J. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. In J. K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Driel (Hrsg.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (Science & Technology Education Library, Bd. 17, S. 47–68). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, *38*(1).

Kozma, R. B. & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Visualization in Science Education* (S. 121–146). Niederlande: Springer-Verlag.

Kroß, A. & Lind, G. (2001). The Impact of Prior Knowledge on the Intensity and Quality of Self-Explanations during Studying Worked-Out Examples from the Domain of Biology. *Unterrichtswissenschaft*, *29*(1), 5–25.

Kuhn, J., Rophol, M. & Groß, J. (2017). Fachdidatischer Mehrwert durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 11–12). Joachim Herz Stiftung.

Lauer, L. & Peschel, M. (2023). ‹Pedagogical Usability› von Augmented Reality zum Thema Elektrik. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, *51*, 25–64.

Mayring & P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (2. Aufl.). Weinheim: Beltz-Verlag.

Rodić, D. D., Rončević, T. N. & Segedinac, M. D. (2018). The Accuracy of Macro-Submicro-Symbolic Language of Future Chemistry Teachers. *Acta Chimica Slovenica*, *65*(2), 394–400.

Santos, V. C. & Arroio, A. (2016). The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. *Journal of Turkish Science Education*, *13*(1), 3–18.

Scheerer, F. (2021). *Interaktion mit der MBP IoT-Plattform mittles der Microsoft HoloLens*. Masterarbeit. Universität Stuttgart, Stuttgart.

Schnotz, W. (2002). Towards an Integrated View of Learning From Text and Visual Displays. *Educational Psychology Review*, *14*(1), 101–120.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, *13*(2), 141–156.

Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in education* (Psychology of Learning and Motivation, Bd. 55, S. 37–76). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, *24*(12), 1255–1272.

Jannis Zeller[1] [1]Universität Paderborn
Josef Riese[1]

Fähigkeitsprofile im Physikdidaktischen Wissen mithilfe von Machine Learning

Theoretischer Hintergrund und Motivation

Informatives formatives Feedback besitzt das Potenzial, Lernprozesse anzustoßen und positiv zu beeinflussen (z. B. Hattie & Timperley, 2007; Shute, 2008). Obwohl das Professionswissens angehender Lehrkräfte bereits seit einigen Jahren im Fokus fachdidaktischer Forschung steht (Kaiser, Bremerich-Vos & König, 2020), gibt es bisher im deutschsprachigen Raum jedoch kaum Ansätze, diese Forschungsergebnisse auch in nützliche Feedback- bzw. Assessment-Instrumente umzusetzen. Existierende Konzepte (z. B. Jordans et al., 2022) nutzen meist Multiple-Choice-Testinstrumente, deren Validität im Vergleich zu offeneren Testinstrumenten kritisch eingeschätzt werden kann. Gerade für die Professionswissensdomäne des fachdidaktischen Wissens (FDW), die als „amalgam" (Shulman, 1986) ein stark vernetztes und häufig weniger explizierbares Konstrukt darstellt (siehe auch „personal Pedagogical Content Knowledge", z. B. Alonzo et al., 2019), wäre ein Feedback-Tool auf Basis umfangreich validierter offener Testinstrumente (z. B. Gramzow, 2015; Kröger, 2019) wünschenswert.

Um inhaltlich informatives Feedback, d. h. Feedback, welches über die reine Angabe eines Scores hinausgeht, zu ermöglichen, sind kriterienorientierte Beschreibungen des Zielkonstrukts notwendig. Solche Beschreibungen von Ausprägungen des FDW angehender Physiklehrkräften existieren bisher primär in Form von Scale-Anchoring-Modellierungen (Schiering et al., 2023; Zeller et al., 2022). Diese auf Item-Response-Modellierungen basierenden Niveaumodelle erlauben allerdings primär stark generalisierte, strikt hierarchische Aussagen über Wissensausprägungen. Sie lieferten Hinweise, dass sich das FDW in niedrigen Ausprägungen auf reproduktive Aspekte beschränkt und sich in höheren Ausprägungen hin zu evaluierenden und kreativen Elementen erweitert.

In diesem Beitrag soll untersucht werden, ob sich mithilfe von Machine Learning (ML) und Natural Language Processing (NLP) auch weitere, vor allem nicht hierarchische prototypische Ausprägungen („Fähigkeitsprofile") des FDW in einem großen Datensatz zum FDW aus dem Projekt ProfiLe-P+ (Vogelsang et al., 2019) finden lassen. Dazu werden im Sinne einer Computational Grounded Theory (Nelson, 2020) authentische Sprachproduktionen der Proband:innen mit menschlichem Expertenwissen in Form von Scores und Aufgabenanalysen verknüpft. Zusammenfassend werden die folgenden zwei explorativen Forschungsfragen formuliert:

FF1: Welche Fähigkeitsprofile des FDW lassen sich in den Score-Daten aus ProfiLe-P+ mithilfe von Clusteranalysen finden?

FF2: Durch welchen Sprachgebrauch im Testinstrument zeichnen sich die Personengruppen zu den Fähigkeitsprofilen aus?

Stichprobe und Design

Der vorliegende Datensatz umfasst 846 Bearbeitungen - primär von Physik-Lehramtsstudierenden - des Testinstruments zur Erfassung des FDW in den vier Facetten *Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien, Experimente* und *Fachdidaktische Konzepte* nach Gramzow (2015). Nach Ausschluss unvollständiger Bearbeitungen blieben $N = 779$ Bearbeitungen für die Analyse.

Inspiriert von den datengetriebenen Ergebnissen der oben genannten Scale-Anchoring-Analysen des FDW (Schiering et al., 2023; Zeller et al., 2022) wurden die Aufgaben des Testinstruments einer Anforderungsanalyse, angelehnt an die Anforderungsdimensionen nach Anderson und Krathwohl (2001), unterzogen. Dabei wurden aus der theoretischen Modellierung die Dimensionen *Erinnern / Verstehen, Anwenden, Analysieren, Evaluieren* und *Kreieren* abgeleitet. Eine weitere Dimension *Unterrichtssituation* wurde induktiv ergänzt. Eine Aufgabe kann mehreren Anforderungsdimensionen zugeordnet werden. Das Ziel dieser Analyse war es, die Dimensionalität des Datensatzes derart zu reduzieren und somit inhaltlich zu verdichten, dass eine Interpretierbarkeit (Nelson, 2020) der explorativen Analyse ermöglicht wird.

Für die Bearbeitung der zweiten Forschungsfrage wurden die Antworten der Proband:innen zu den einzelnen Aufgaben digitalisiert und personenweise zusammengefasst. Darüber hinaus wurden einige standard NLP-preprocessing Schritte wie *lowercasing, stemming* und *stopword removal* angewendet.

Methodik

Zur Ermittlung des prototypischen Antwortverhaltens von Personenclustern wurde das k-Means (MacQueen, 1967) Verfahren gewählt, da es ermöglicht, Zentrumsvektoren und somit typische Ausprägungen der Scores in den Anforderungsdimensionen für die Cluster zu extrahieren. Um eine gute Abdeckung der Varianz bei gleichzeitig angemessener inhaltlicher Verdichtung zu erreichen, wurde ein Modell mit $k = 4$ Clustern gewählt und an die Daten angepasst. Andere Methoden (wie Latente Klassenanalysen) wurden ebenfalls getestet, ließen sich aber auf den vorhandenen Datensatz nicht anwenden.

Zur Untersuchung der zweiten Forschungsfrage wurde ein Structural Topic Model (Roberts et al., 2019) an die von den Probanden gegebenen Antworten auf die offenen Fragen des Testinstruments erstellt. Ein Topic Model modelliert mathematisch Text als Mix aus Themen und Themen als Mix aus Worten. Ein Structural Topic Model ermöglicht darüber hinaus, Kovariaten (hier die Zuordnung zu den K-Means Score-Clustern) in die Modellierung einfließen zu lassen und darüber hinaus den Zusammenhang zwischen der Fokussierung auf ein Thema mit den Kovariaten in Bezug zu setzen. Um eine Balance zwischen Interpretierbarkeit und Spezifität der Themen zu finden wurden unterschiedliche Modelle erstellt und anschließend ein Modell mit 6 Themen gewählt. Die Themen wurden anschließend auf Basis ihrer charakteristischen Terminologie (unterschiedliche Metriken, siehe Roberts et al., 2019) gelabelt.

Ergebnisse und Ausblick

Das zentrale Ergebnis der Cluster-Analyse (FF1) sind die Ausprägungen der Dimensionen der Clusterzentren (Darstellung in einem Netzdiagramm in Abb. 1). Das grüne und das blaue Cluster weisen hierbei keine signifikanten Unterschiede im Gesamtscore oder

Studienfortschritt auf, diese Unterscheidung stellt also eine nicht-hierarchische Beobachtung dar. Es zeigt sich, dass das das grüne Cluster offenbar deutliche Stärken im Anwenden von FDW und der Kreation von Unterrichtselementen (z. B. Experimente, Material, beschriebene Situation) aufweist, währen das blaue Cluster Stärken in der Analyse und Evaluation von Unterrichtselementen zeigt.

In Bezug auf möglicherweise prototypischen Sprachgebrauch der Score-Cluster (FF2) wurden die Effekte, die die Zuordnung zu einem Score-Cluster auf die Anteile eines Topic-Model Themas in den Testantworten hat, bestimmt. Dabei zeigten sich in der Tendenz Unterschiede zwischen dem evaluierenden und kreativen Cluster: Währen sich das kreative Cluster eher auf die Nutzung und Begründung von Beispielen[1] fokussiert, konzentriert sich das evaluierende Cluster eher auf Schülervorstellungen[2]. Dabei kommt im Umkehrschluss die tiefgründigere Auseinandersetzung mit den gewählten Beispielen im kreativen Cluster eher etwas zu kurz, während dem evaluierenden Cluster teilweise die Erzeugung geeigneterer Beispiele schwerer fällt.

Insgesamt lassen sich somit in dieser Analyse auch nicht hierarchische Fähigkeitsprofile (Cluster & prototypischer Sprachgebrauch) identifizieren, auch wenn diese Einordnung eher „Tendenzausprägungen“ als echte „latente Gruppen“ darstellen. Die Ergebnisse können zukünftig für informativeres inhaltliches Feedback für Proband:innen oder für formative Diagnostik zur Gestaltung von Lehrveranstaltungen genutzt werden. Um diese Ziele leichter zugänglich zu machen, soll im nächsten Schritt des Projekts die Auswertung des Testinstruments mithilfe weiterer NLP- und ML-Methoden automatisiert werden.

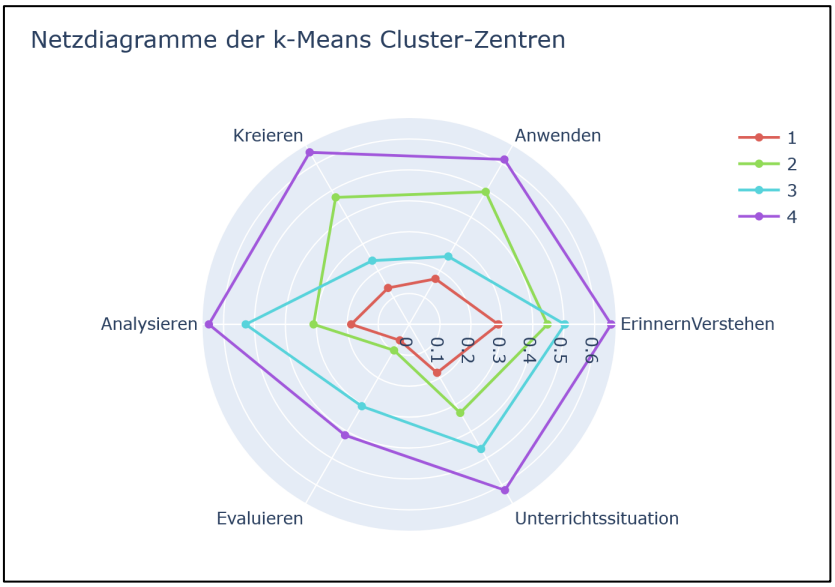


Abb. 1: Netzdiagramme der Clusterzentren.

[1] Begriffe wie „Auto“, „Berg“, „Anschauungsmaterial“, „Veranschaulichung, „Denkanstoß“, „zeigen“
[2] Begriffe wie „Schülervorstellung“, „Alltagserfahrung“, „kognitiv“, „Konflikt“, Begriffswechsel, „umdeuten“

Literatur

Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S, Rollnick, M . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (4. Aufl.). Longman. Carlson, J., Daehler, K. R.,

Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik: Modellierung und Testkonstruktion. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 181). Logos Verlag.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). *The Power of Feedback. Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. I., & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2021*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Kaiser, G., Bremerich-Vos, A., & König, J. (2020). Professionswissen. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 811–818). Klinkhardt. https://doi.org/10.35468/hblb2020-100

Kröger, J. (2019). *Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte* [Diss., Christian-Albrechts-Universität Kiel].

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In L. M. Le Cam & J. Neyman (Hrsg.), *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (S. 281–297, Bd. 1). University of California Press.

Nelson, L. K. (2020). Computational grounded theory: A methodological framework. *Sociological Methods & Research*, 49(1), 3–42. https://doi.org/10.1177/0049124117729703

Roberts, M. E., Stewart, B. M., & Tingley, D. (2019). stm: An R Package for Structural Topic Models. *Journal of Statistical Software*, 91(2), 1–40. https://doi.org/10.18637/jss.v091.i02

Schiering, D., Sorge, S., Keller, M. M., & Neumann, K. (2023). A proficiency model for pre-service physics teachers' pedagogical content knowledge (PCK)—What constitutes high-level PCK? *Journal of Research in Science Teaching*, 60(1), 136–163. https://doi.org/10.1002/tea.21793

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153–189. https://doi.org/10.3102/0034654307313795

Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik–Analysen zu valider Testwertinterpretation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65(4), 473–491. https://doi.org/10.25656/01:23990

Zeller, J., Jordans, M., & Riese, J. (2022). Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzniveaus im Fachdidaktischen Wissen. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2021*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Michele Brott[1] [1]Universität Potsdam
Constantin Egerer[2] [2]Universität Potsdam

CUKI – Chemie Unterricht geplant durch Künstliche Intelligenz

Ausgangslage

Mit Veröffentlichung des Chatbots „ChatGPT“ der Firma OpenAI im November 2022 wurde eine gesellschaftliche Diskussion über Künstliche Intelligenz (KI) im Allgemeinen sowie im Bildungskontext entfacht. Das Large Language Model wurde mit unzähligen Textdokumenten trainiert und generiert auf dieser Grundlage nach Wahrscheinlichkeiten gewichtete Antworten auf die eingegebenen Fragen (Prompts) (Gozalo-Brizuela & Garrido-Merchan, 2023).
Das Tool bietet großes Potential für (angehende) Chemielehrkräfte und damit für die Lehramtsausbildung. Neben fachlicher Vertiefung oder Ideenfindung, erscheint der vor allem für Berufsanfänger:innen interessanteste Nutzen in der Unterrichtsplanung und Erstellung von Unterrichtsmaterialien zu liegen. Die eigene Erfahrung in der Chemielehramtsausbildung zeigt hierbei, dass die Studierenden oft zeitlich ineffizient bei der Planung vorgehen und die gelernten Grundsätze eines motivierenden und aktivierenden Chemieunterrichts nur begrenzt in die eigene Planung implementieren. Das vorliegende Forschungsprojekt hat daher zum Ziel zu untersuchen, wie gewinnbringend der Einsatz von ChatGPT in der Lehramtsausbildung und im Speziellen in der Unterrichtsplanung ist und inwiefern die damit generierten Materialien bestimmten Qualitätskriterien genügen. Außerdem soll untersucht werden, ob die Qualität der Ergebnisse von ChatGPT von der Planungskompetenz der Anwender:innen abhängig ist.

Studiendesign der Pilotierung

Die erste Phase des Projekts CUKI startete im Sommersemester 2023 im Rahmen eines Chemiedidaktikseminars für die Studierenden des Masterstudiengangs Lehramt Chemie an der Universität Potsdam. Dabei wurden Unterrichtsplanungen und -materialien mithilfe von ChatGPT erstellt und von den Studierenden anhand ausgewählter Kriterien reflektiert. Insgesamt nahmen 19 Studierende an dem Modul teil. Diese wurden zum einen in einem Pre- und Post-Test zu ihren Vorerfahrungen und Einstellungen zu ChatGPT sowie ihren selbst eingeschätzten Planungskompetenzen befragt. Daneben gab es eine Pre-Post-Erhebung zur Verlaufsplanerstellung, aus der Aussagen zur Entwicklung der Planungskompetenz der Studierenden und Zusammenhänge der Planungskompetenz der einzelnen Proband:innen mit der Qualität der von ihnen mit KI generierten Planung abgeleitet werden sollten (Abb. 1). Die Ergebnisse dieses zweiten Studienelements werden im Folgenden dargelegt.

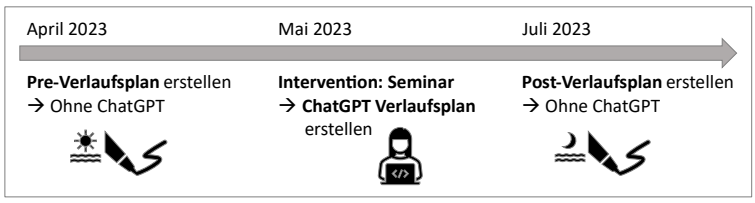


Abb. 1 Schematischer Ablauf der Pilotierung

In der zweiten Projektphase erfolgt im Rahmen eines Wahlpflichtmoduls im Wintersemester 2023/24 die Umsetzung von mit ChatGPT erstellten Planungen im Chemieunterricht. Außerdem wird die Eignung des Chatbots als Lernassistent in der universitären Begleitung der Praxissemesterstudierenden getestet. In der dritten Projektphase soll im Sinne des Design-Based-Research-Ansatzes (Reinmann, 2005) nach Adaption und Evaluation der Maßnahmen und Instrumente von Phase 1 eine Wiederholungsstudie stattfinden. Übergeordnetes Ziel ist außerdem eine Erstellung von Guidelines zur Formulierung zielführender Prompts für die Planung von Chemieunterricht und die zugehörige Materialerstellung mithilfe von ChatGPT.

Instrumentarium zur Bewertung der Unterrichtsplanung

Zunächst sollten die Studierenden in einem Pre-Test den Status Quo ihrer Planungskompetenz darlegen und innerhalb von 60 Minuten eine Verlaufsplanung für 90 Minuten Chemieunterricht erstellen. Um die Freiheitsgrade möglichst gering zu halten und die Vergleichbarkeit zu erhöhen, wurden das Thema, eine fiktive Bedingungsanalyse sowie Lernziele vorgegeben. Um einen möglichen Kompetenzzuwachs durch das ChatGPT gestützte Seminar abzuleiten, erfolgte der Post-Test auf dieselbe Weise zu einem anderen Stundenthema. Die Verlaufsplanungen zu beiden Testzeitpunkten wurden von den Studierenden ohne Hilfe einer KI erstellt. Da im ersten und letzten Seminar die Anwesenheit variierte, konnten nur die Planungen von 7 Studierenden ausgewertet werden, die sowohl am Pre- als auch am Post-Test teilgenommen haben. In der Mitte des Semesters erhielten die Studierenden die Aufgabe eine Stundenverlaufsplanung mithilfe von ChatGPT zu erstellen. Für die Auswertungen wurden die KI Planungen derselben 7 Proband:innen herangezogen.
Die Beurteilung der Qualität aller drei Entwürfe aus Pre- und Posttest sowie dem von ChatGPT erstellten Plan erfolgte mithilfe 17 theoriebasierter Kriterien (König, Krepf, Bremerich-Vos & Buchholtz, 2021; Rothland, 2022; Schröder, Riese, Vogelsang, Borowski, Buschhüter, Enkrott, Kempin, Kugelmeyer, Reinhold & Schecker, 2020). Deren Erfüllung wurde auf einer endpunktbestimmten Intervallskala eingeschätzt. Da die Bewertung bislang nur von einer Person erfolgte, wurde zur Erhöhung der Objektivität eine Handreichung mit Erläuterungen zu den Kriterien erstellt. Daraus konnten für die einzelnen Proband:innen und für alle Kriterien für jede der drei Planungen Mittelwerte (M) errechnet werden. Der Mittelwert der einzelnen Kriterien *(M_K)* gibt summative Hinweise, in welchen Aspekten die Studierendengruppe Veränderungen zeigt. Der Mittelwert der jeweiligen Studierenden *(M_S)* lässt Rückschlüsse auf die Qualität der Entwürfe und damit auf die Entwicklung der Planungskompetenz zu.

Ergebnisse der Pilotierung

Zunächst sollen die Ergebnisse der Proband:innen betrachtet werden. Person 2 *(M_S=2,59)* und Person 7 *(M_S=2,24)* erreichten im Pre-Test die schlechtesten Ergebnisse. Im Gegensatz dazu lieferten die Planungen von Person 3 *(M_S=3,71)* und Person 6 *(M_S=4,06)* die höchsten Mittelwerte. Die individuellen Ergebnisse der Post-Entwürfe zeigten für alle Studierenden einen höheren Mittelwert auf als die Pre-Entwürfe. Dabei stellen die Ergebnisse von Person 2 *(M_S=2,82)* und Person 7 *(M_S=2,65)* auch zu diesem Messzeitpunkt die schlechtesten dar. Ebenso lassen sich die Planungen von Person 3 *(M_S=4,65)* und Person 6 *(M_S=4,12)* erneut als die besten im Vergleich zur Studierendengruppe einordnen. Auch bei der Auswertung der mit ChatGPT generierten Entwürfe war auffällig, dass Person 2 *(M_S=2,27)* und 7 *(M_S=2,07)* die schlechtesten und Person 6 *(M_S=2,80)* die besten Ergebnisse lieferten. Darüber hinaus ist festzustellen, dass die Pläne von Person 1, 4 und 5 *(M_S=2,53)* den gleichen Mittelwert und damit das zweitbeste Ergebnis erreichten.

In den einzelnen Kriterien zeigte sich die Heterogenität der Studierendengruppe sowie ihre Stärken und Schwächen. So fanden die Kriterien „Handlungsalternative bzw. didaktische Reserve“ *(M_K=1,43)*, „Differenzierungsmaßnahmen“ *(M_K=1,71)* und „Anpassung an die Bedingungen der fiktiven Klasse“ *(M_K =2,00)* nur ungenügende Berücksichtigung in den Planungen. Im Gegensatz dazu wurden die Kriterien „fachliche Richtigkeit“ *(M_K=4,43)*, „Handlungsorientierung“ *(M_K=4,14)* und „roter Faden“ *(M_K=3,86)* häufig sehr gut umgesetzt. Bei der Analyse der Post-Entwürfe fällt auf, dass die Studierenden in 15 von 17 Bewertungskriterien der Planungsqualität gleich oder besser im Vergleich zu den Pre-Entwürfen abschnitten. Dabei wurden besonders Zuwächse bei den Kriterien „Stimmigkeit mit dem Lehrplan“ *(Pre: M_K =3,57, Post: M_K =4,71),* „angemessene didaktische Reduktion“ *(Pre: M_K =3,43, Post: M_K =4,43),* „Anpassung an die Bedingungen der fiktiven Klasse“ *(Pre: M_K =2,00, Post: M_K =2,86)* gemessen.
Bei der Analyse der KI-Planungen wurde die „Anpassung an die Bedingungen der fiktiven Klasse“ nicht analysiert, da diese nicht vorgegeben war. Außerdem wurde die fachliche Richtigkeit nicht bewertet, da die Entwürfe für eine Beurteilung meist zu oberflächlich waren. Die Studierenden waren in der Lage mit dem KI-Tool einen „roten Faden“ (*M_K=4,00),* eine „gute Stimmigkeit zum Lehrplan“ (*M_K=3,86)* und „Handlungsorientierung“ (*M_K=3,29)* in den Entwürfen zu realisieren. Die „Steuerung des Lernprozesses durch Impulse und Aufgabenstellungen“ (*M_K=1,14),* eine „Passgenauigkeit des Verlaufsplans mit den Lernzielen“ (*M_K=1,29)* oder „Differenzierungsmaßnahmen“ (*M_K=1,43)* konnten nur ungenügend umgesetzt werden. Insgesamt wurden die KI-Entwürfe in 14 von 15 Kriterien schlechter bewertet als die Post-Verlaufspläne.

Auswertung

Die erhobenen Daten dieser Pilotierung lassen vermuten, dass die Intervention in Form eines Seminars, welches ChatGPT zur Planung und Gestaltung von Unterricht eingebunden hat, die Qualität der Unterrichtsplanungen steigern konnte. Die höheren Mittelwerte in den Kriterien „Stimmigkeit mit dem Lehrplan“ *(Pre: M_K =3,57, Post: M_K =4,71),* „angemessene didaktische Reduktion“ *(Pre: M_K =3,43, Post: M_K =4,43)* und „Anpassung an die Bedingungen der fiktiven Klasse“ *(Pre: M_K =2,00, Post: M_K =2,86)* könnten auf das beschriebene Seminar zurückzuführen sein. Jedoch lässt sich nicht ausschließen, dass parallel belegte fachdidaktische Veranstaltungen anderer Fächer ebenfalls positive Effekte hatten. Aus der Analyse der Pre-, Post- und KI-Entwürfe lässt sich die Hypothese ableiten, dass Studierende, die qualitativ hochwertige Unterrichtsentwürfe anfertigen, auch in der Lage sind, gute KI-Entwürfe zu produzieren. Eine Korrelationsanalyse der Stichprobe *(N=7)* offenbarte, dass der Pearson-Korrelationskoeffizient *r* zwischen den Pre- und den KI-Entwürfen eine höchst signifikante Korrelation *(r=0,917; a=0,004)* anzeigt. Um die Hypothese abschließend bestätigen zu können, muss die Stichprobe noch vergrößert werden. Zwischen den Post- und KI-Entwürfen lag keine signifikante Korrelation *(r=0,718; a=0,069)* vor. Auch wenn die Ergebnisse von ChatGPT eine schlechtere Planungsqualität aufweisen als die von den Studierenden selbst erstellten Entwürfe, ist auffallend, dass dabei trotzdem basale Planungsvorlagen entstanden sind. Dies gilt insbesondere auch für die Personen, die zuvor keine guten Ergebnisse im Vergleich zur Studierendengruppe erzielten. Somit können die Ergebnisse der KI zwar nicht unmittelbar als Vorlage für qualitativ hochwertigen Unterricht gelten, aber eine erste Grundlage für Unterrichtsplanungen sein. Gleichwohl lässt sich vermuten, dass zur Nutzung des Tools didaktische Grundlagen vorherrschen müssen, um die Prompts so zu steuern, dass brauchbare Stundenentwürfe generiert werden können.

Literatur

Gozalo-Brizuela, R.; Garrido-Merchan, E. C. (2023). ChatGPT ist not all you need. A State of the Art Review of large Generative AI models. [https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.04655, zuletzt geprüft am 07.02.2023]

König, J.; Krepf, M.; Bremerich-Vos, A.; Buchholtz, C. (2021). Meeting Cognitive Demands of Lesson Planning: Introducing the CODE-PLAN Model to Describe and Analyze Teachers' Planning Competence. The Teacher Educator, 56(4), 466-487.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? - Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: Unterrichtswissenschaft 33 (1), S. 52-67.

Rothland, M. (2022). Anmerkungen zur Modellierung und Operationalisierung (allgemeindidaktischer) Unterrichtsplanungskompetenz. Unterrichtswissenschaft 2022(50), 347–372

Schröder, J.; Riese, J.; Vogelsang, C.; Borowski, A.; Buschhüter, D.; Enkrott, P.; Kempin, M.; Kulgemeyer, C.; Reinhold, P.; Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. *ZfDN* 26, 103–122.

Sebastian Rohr
Oliver Tepner
Universität Regensburg

Wirkung von Erklärvideos in Kombination mit *Flipped Classroom* in Chemie

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen:
Beim *Flipped Classroom* handelt es sich um eine Unterrichtsmethode, bei welcher der Kerninhalt der Unterrichtsstunde vorunterrichtlich und außerschulisch vermittelt wird, sodass in Präsenz mehr Zeit für das Üben und Vertiefen von Lerninhalten zur Verfügung steht (Awidi & Paynter, 2019; Bergmann & Sams, 2012; Lo & Hew, 2017). Dies kann sich positiv auf die Unterrichtsqualität und den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (SuS) auswirken (Finkenberg & Trefzger, 2019; Helmke, 2021). Für die Wissensvermittlung außerhalb des Unterrichts bieten sich Erklärvideos an, da mit ihnen auch Prozesse sehr gut veranschaulicht werden können (Sterzing, 2022; Werner et al., 2018). National gibt es nur wenige empirische Befunde, die den großen Aufwand dieser Unterrichtsmethode rechtfertigen (Wagner, 2020). International zeigen sich heterogene Befunde bezüglich der Lernwirksamkeit von *Flipped Classroom* (Finkenberg, 2018; Gillette et al., 2018; Wagner et al., 2020).
Während des Anschauens der Erklärvideos in der individuellen Vorbereitung lernen die SuS selbstreguliert. Für erfolgreiches selbstreguliertes Lernen können kognitive Lernstrategien als essenzielle Grundlage betrachtet werden (vgl. Artelt et al., 2001; Hattie, 2023; Perels et al., 2020; Stebner et al., 2015; Zimmerman, 2002). Diese Lernstrategien ermöglichen eine bewusste Steuerung der Lernprozesse (Leutner & Leopold, 2003), indem sie bspw. eine effektive Kontrolle über die präsentierten Informationen ermöglichen (Schmidt-Borcherding, 2020). Die Handhabung von Videos erfordert zusätzliches Training, da sie aus medienpädagogischer Sicht als anspruchsvoll gelten (Kulgemeyer, 2018).
Es sollen die folgenden Fragestellungen untersucht werden:
- Wie wirksam ist der Einsatz von Erklärvideos im Kontext der Methode *Flipped Classroom* hinsichtlich der Lernleistung für SuS im Vergleich zum „klassischen" Chemieunterricht?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz von Erklärvideos im Kontext der Methode *Flipped Classroom* auf die wahrgenommene Unterrichtsqualität im Vergleich zum „klassischen" Chemieunterricht?
- Welchen Einfluss hat ein Training zum Erwerb von Strategien für den selbstgesteuerten Lernprozess bei SuS auf den Lernzuwachs?
- Welchen Einfluss hat ein Training zum Erwerb von Strategien für den selbstgesteuerten Lernprozess bei SuS auf die selbsteingeschätzte Strategienutzung?

Methodik und Design
Im Rahmen einer quasi-experimentellen Hauptstudie wurden SuS der 9. und 10. Jahrgangsstufe von Gymnasien und Realschulen in das Themengebiet der Redoxreaktionen eingeführt. Die Zuteilung geschah randomisiert auf zwei Treatment- und eine Kontrollgruppe. In den beiden Treatmentgruppen (TG) wurden die SuS nach dem Prinzip des *Flipped Classroom* unterrichtet, während in der Kontrollgruppe (KG) „klassischer" Unterricht stattfand. Darüber hinaus erhielten die SuS der TG 1 ein einstündiges Strategietraining zum optimalen Umgang mit

Erklärvideos. Um Time on Task in den Gruppen konstant zu halten, sind die verwendeten Medien und Materialien in allen drei Gruppen identisch. Mit Hilfe eines 16 Items umfassenden Prä-Post-Follow-up-Wissenstests wurde der Wissenszuwachs in allen drei Gruppen gemessen. Zusätzlich kamen Fragebögen mit einer sechsstufigen Likert-Skala zur wahrgenommenen Unterrichtsqualität und selbsteingeschätzten Strategienutzung zum Einsatz. Die Items aus dem Fragebogen zur Unterrichtsqualität wurden in Anlehnung an Praetorius et al. (2020) formuliert.

Alle SuS erhielten ihre Lernmaterialien für den Fernunterricht über eine spezielle Plattform namens *Clipflipp*, die auf Moodle basiert. Während des Betrachtens der Videos wurde das Mausklickverhalten der SuS aufgezeichnet und als Tracking-Daten gespeichert. Ziel war es zu analysieren, ob, wie oft und auf welche Art und Weise die Videos betrachtet wurden, um sowohl die Hausaufgabendisziplin in allen Gruppen überwachen als auch Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Strategietrainings ziehen zu können.

Die Auswahl der teilnehmenden Lehrkräfte fand im Rahmen von Fortbildungen statt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Schulung einer optimalen Umsetzung des Unterrichts.

Ergebnisse der Hauptstudie:

Im zweiten Schulhalbjahr 2022/23 nahmen insgesamt $N = 784$ SuS aus 37 Klassen, davon $n = 607$ vom Gymnasium und $n = 177$ von der Realschule, an der Studie teil. Die Reliabilitätsanalyse ergab für die drei Testinstrumente Fachwissen ($\alpha = .85$), wahrgenommene Unterrichtsqualität ($\alpha = .81$) und selbsteingeschätzte Strategienutzung ($\alpha = .80$) durchweg gute Reliabilitäten (Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 331).

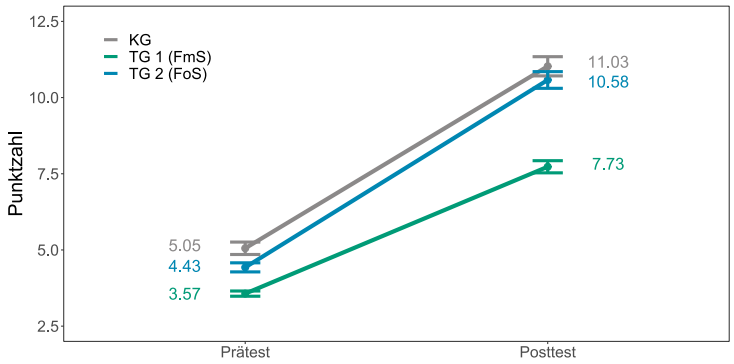


Abb. 1: Mittelwerte und Standardfehler Fachwissenstest Prä- und Post

Für die inferenzstatistische Auswertung der Daten wurde ein Linear-Mixed-Regression-Model nach Hilbert et al. (2019) verwendet. Bei der Analyse der wahrgenommenen Unterrichtsqualität diente die KG („klassischer" Unterricht) als Referenzgruppe, während die TG 2 (*Flipped Classroom* ohne Strategietraining) in allen anderen Analysen als Bezugsgruppe fungierte. In Bezug auf das Fachwissen wurde ein höchst signifikanter Lernzuwachs zwischen den Ergebnissen des Prä- und Posttests festgestellt ($N_{TG2} = 237$, $p < .001$, $R^2c = .60$). Es wurden keine signifikanten Unterschiede mit Bezug auf die Kontrollgruppe festgestellt ($N_{KG} = 187$, $\beta = -0.13$, $p = .756$). Allerdings zeigt die Gruppe TG 1 (*Flipped Classroom* mit Strategietraining) einen signifikant schlechteren Lernzuwachs ($N_{TG1} = 360$, $\beta = -1.91$, $p < .001$). Es bestehen

signifikante Unterschiede im Vorwissen zwischen TG 2 (*Flipped Classroom* ohne Strategietraining) und TG 1 ($\beta = 0.86$, $p < .001$), welche jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Interaktionseffekte zwischen den Gruppen nehmen.
Bezüglich der wahrgenommenen Unterrichtsqualität konnte in der KG eine signifikant positive Veränderung festgestellt werden ($N_{KG} = 187$, $\beta = 0.15$, $p = .043$, $R^2c = .61$). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zur TG 2 ($N_{TG2} = 237$, $\beta = -0.20$, $p = .066$), wohingegen zur TG 1 ein höchst signifikanter Unterschied besteht. ($N_{TG1} = 360$, $\beta = -0.32$, $p < .001$).
Die selbsteingeschätzte Nutzung von Lernstrategien zeigt in der TG 2 einen hoch signifikanten Rückgang ($N_{TG2} = 237$, $\beta = -0.25$, $p = .004$, $R^2c = .49$). Während es hierzu in der KG keine signifikanten Unterschiede gibt ($N_{KG} = 187$, $\beta = -0.11$, $p = .360$), weicht die TG 1 hoch signifikant ab und zeigt eine Zunahme der selbsteingeschätzten Strategienutzung. ($N_{TG1} = 360$, $\beta = 0.39$, $p < .001$).

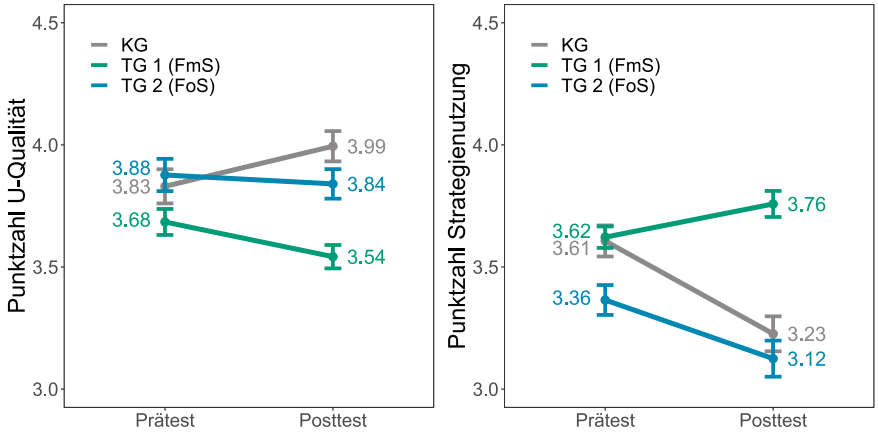


Abb. 2: Mittelwerte und Standardfehler zur wahrgenommenen Unterrichtsqualität (links) und selbsteingeschätzten Strategienutzung (rechts) Prä- und Post

Zusammenfassung und Ausblick:
Insgesamt zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen TG 2 (*Flipped Classroom* ohne Strategietraining) und der Kontrollgruppe. Die TG 1 (*Flipped Classroom* mit Strategietraining) weist einen sowohl geringeren Lernzuwachs als auch eine Abnahme der wahrgenommenen Unterrichtsqualität auf. Bezüglich der selbsteingeschätzten Strategienutzung zeigt die TG 1 im Gegensatz zur TG 2 und KG eine signifikante positive Veränderung. Möglicherweise können die Befunde mit der kognitiven Belastung durch das Strategietraining erklärt werden. Ergänzend sollen Extremgruppenvergleiche gezogen, um u.a. zu prüfen, ob es substanzielle Unterschiede im Lernzuwachs zwischen leistungsstarken und -schwachen SuS gibt. Inwiefern sich die Ergebnisse aus der Analyse der Tracking-Daten entsprechend zu denen aus dem Fragebogen zur selbsteingeschätzten Strategienutzung verhalten, bleibt ebenfalls noch auszuwerten.

Literatur

Artelt, C., Demmrich, A., & Baumert, J. (2001). Selbstreguliertes Lernen. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann, & M. Weiß (Hrsg.), PISA 2000 (S. 271–298). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Awidi, I. T., & Paynter, M. (2019). The impact of a flipped classroom approach on student learning experience. Computers & Education, 128, 269–283.

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education.

Finkenberg, F. (2018). Flipped Classroom im Physikunterricht. Logos Verlag Berlin.

Finkenberg, F., & Trefzger, T. (2019). Umgedrehter Unterricht – Flipped Classroom als Methode im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 77–95.

Gillette, C., Rudolph, M., Kimble, C., Rockich-Winston, N., Smith, L., & Broedel-Zaugg, K. (2018). A Meta-Analysis of Outcomes Comparing Flipped Classroom and Lecture. American Journal of Pharmaceutical Education, 8.

Hattie, J. (2023). Visible Learning: The Sequel: A Synthesis of Over 2,100 Meta-Analyses Relating to Achievement. Taylor & Francis.

Helmke, A. (2021). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts: Orientierungsband (8. Auflage). Klett Kallmeyer.

Hilbert, S., Stadler, M., Lindl, A., Naumann, F., & Bühner, M. (2019). Analyzing longitudinal intervention studies with linear mixed models. TPM - Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology, 26, 101–119.

Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. Computer + Unterricht, 8–11.

Leutner, D., & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien—Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen aus Sachtexten.

Lo, C. K., & Hew, K. F. (2017). A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: Possible solutions and recommendations for future research. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12(1), 4.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2020). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Springer Berlin Heidelberg.

Perels, F., Dörrenbächer-Ulrich, L., Landmann, M., Otto, B., Schnick-Vollmer, K., & Schmitz, B. (2020). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 45–66). Springer.

Praetorius, A.-K., Rogh, W., & Kleickmann, T. (2020). Blinde Flecken des Modells der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität? Das Modell im Spiegel einer internationalen Synthese von Merkmalen der Unterrichtsqualität. Unterrichtswissenschaft, 48(3), 303–318. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00072-

Schmidt-Borcherding, F. (2020). Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos (S. 63–70).

Stebner, F., Schiffauer, S., Schmeck, A., Schuster, C., Leutner, D., & Wirth, J. (2015). Selbstreguliertes Lernen in den Naturwissenschaften. Praxismaterial für die 5. Und 6. Jahrgangsstufe.

Sterzing, F. (2022). Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik: Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat. Logos Verlag Berlin.

Wagner, M. (2020). Effectiveness of Flipped Classroom Instruction in Secondary Education [Universität Passau].

Wagner, M., Gegenfurtner, A., & Urhahne, D. (2020). Effectiveness of the Flipped Classroom on Student Achievement in Secondary Education: A Meta-Analysis. Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie, 35(1), 11–31.

Werner, J., Ebel, C., Spannagel, C., & Bayer, S. (Hrsg.). (2018). Flipped Classroom - Zeit für deinen Unterricht: Praxisbeispiele, Erfahrungen und Handlungsempfehlungen (3. Auflage). Verlag Bertelsmann Stiftung.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. Theory Into Practice, 41(2,), 64–70.

Sascha Neff[1]
Björn Risch[1]

[1]Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

Evaluationsbasierte Transfergestaltung einer digitalen Schulinnovation

Ausgangslage

Veränderung von Schule stellt eine große Herausforderung dar (z. B. Gräsel & Parchmann, 2004). Insbesondere die Selbstreferentialität und die operative Geschlossenheit des sozialen Systems können Transfer und damit Wandel behindern (Gräsel, Jäger & Willke, 2006; Luhmann & Bednarz, 2005). Gerade das Durchsetzen fertiger Innovationen im Sinne eines top-down-Transfers ist daher häufig langfristig wenig wirksam (Snyder et al., 1992).

Vor diesem Hintergrund wurden am Standort Landau der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau im Ansatz einer symbiotischen Transferstrategie (Fußangel, Schellenbach-Zell & Gräsel, 2008) virtuelle Labore mit curricularer Verortung erstellt (Neff et al., 2021). Die digitalen Lernumgebungen wurden zur Vor- und Nachbereitung eines Experimentiersettings zum Thema Gewässeranalytik eingesetzt und simultan evaluiert. Mit dem Ziel einer Förderung der Implementation in der Schule wurden sowohl Lehrende als auch Lernende hinsichtlich der Nutzung des entwickelten didaktischen Konzeptes untersucht und transferrelevante kognitiv-affektive Variablen erhoben (Neff, 2023, im Druck).

Als zentrales summatives Ergebnis seitens der Lernenden konnte konstatiert werden, dass die virtuellen Labore von diesen kognitiv effektiv genutzt werden können. Zudem wurden mittels Logdaten die Bearbeitungsverläufe der Lernenden detailliert betrachtet. Hier zeigte sich eine große Varianz hinsichtlich der Navigationsstrategien innerhalb der digitalen Lernumgebungen. Zu deren Aufklärung wurden in einer weiteren Studie gezielt kognitive und nutzerbezogene Bedingungsvariablen in den Blick genommen. Im Fokus stand dabei die Frage, inwiefern die kognitive Flexibilität der Lernenden, also deren Fähigkeit auf wechselnde Anforderungen und Darstellungsformen adäquat zu reagieren (Braem & Egner, 2018), deren Nutzung der Lernumgebung beeinflusst. Im Beitrag werden die Persönlichkeitsmerkmale der Probanden sowie die Evaluation der Lernumgebung vorgestellt.

Methode

Die Erhebung erfolgte im Juli 2022 mit 26 Schüler:innen (♀ = 14, ♂ = 10) eines Gymnasiums im Alter von 16 – 18 Jahren (MW = 17.12, SD = 0.45, $Med.$ = 17). Die Lernenden zeigen im Bewertungssystem 0 – 15 Punkte der Oberstufe in Rheinland-Pfalz (Mainzer Studienstufe) gute fachliche Voraussetzungen in Chemie (MW = 9.54, SD = 2.88, $Med.$ = 11, n = 13) und in Biologie (MW = 10.08, SD = 3.28, $Med.$ = 10, n = 24). Die Vorkenntnisse im Fach Physik sind hingegen lediglich ausreichend bis befriedigend (MW = 6.64, SD = 3.47, $Med.$ = 8, n = 11).

Die Teilnehmenden wurden während der Durchführung des digitalen Anteils der Lerneinheit hinsichtlich der Usability der virtuellen Labore (Brooke, 1996) und ihrer kognitiven Flexibilität (Cognitive Flexibility Inventory, Dennis & Vander Wal, 2010) befragt. Hierzu wurden jeweils deutschsprachige Übersetzungen der Original-Instrumente eingesetzt, die Items wurden entsprechend der Vorgaben der International Test Commission (ITC, 2017) unter Konsensfindung zwischen drei qualifizierten Übersetzungen durch Experten selektiert. Weiterhin wurde zur Validierung der Ergebnisse des CFI eine psychometrische Testung mittels Trailmaking-Tests (TMT, Teile A & B) durchgeführt (siehe z. B. Bowie & Harvey, 2006 für eine Beschreibung der Testung). Abweichend von der anzustrebenden Zeiterfassung durch den/ die

Testleiter:in wurde im vorliegenden Fall eine eigenständige Zeiterfassung durch die Teilnehmenden umgesetzt. Hierzu nutzten die Lernenden die Stoppuhr-Funktion ihrer zur Durchführung der Lerneinheit ohnehin erforderlichen Tablets.
Zum Datenmanagement wurden die manuell erzeugten Ergebnisse des TMT digitalisiert und mit den bereits digital vorliegenden Fragebogendaten zusammengeführt. Aufgrund fehlender Angaben konnten einzelne Nutzende nicht eindeutig zugeordnet werden; diese wurden für die weiteren Analysen ausgeschlossen. Die Datenauswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm RStudio (2022.12.0 Build 353, R Version 4.2.2). Nach Eliminierung der fehlenden Daten im Sinne einer Available Case Analysis wurden zunächst deskriptive Kenndaten der (Sub-)Skalen ermittelt. Weiterhin wurden im Rahmen einer Itemanalyse die interne Konsistenz (Cronbach's Alpha), korrigierte Itemtrennschärfen sowie die Itemschwierigkeit nach Dahl ermittelt. Weiterhin wurden die Instrumente mit Bezug zur kognitiven Flexibilität durch Zusammenhangsanalysen in Bezug gesetzt.

Ergebnisse
Die ermittelte System Usability ist mit 43.02 von 100 maximal möglichen Punkten wenig zufriedenstellend, in der Zuordnung nach Bangor, Kortum & Miller (2008) ist dieser Wert als mangelhaft beziehungsweise nicht akzeptabel zu bezeichnen.
Das siebenstufige Cognitive Flexibility Inventory zeigt einen Mittelwert von 4.36 (*SD* = 0.65, *Med.* = 4.25). Bei Aufteilung der Skala zeigt die Subskala „Alternativen" eine mittlere Ausprägung von 4.62 (*SD* = 1.01, *Med.* = 4.77), die Subskala „Kontrolle" weist marginal geringere Werte auf (*MW* = 4.48, *SD* = 1.02, *Med.* = 4.5). In der Einzelfallbetrachtung zeigen sich größere Schwankungsbreiten (Abbildung 1 zeigt die Varianz als Boxplotdarstellung).
Die Zeitmessungen zur Bearbeitung des Trailmaking-Tests wurden, getrennt nach Teil A und Teil B, als Scores ausgewertet. Tabelle 2 stellt die deskriptiven Kennwerte literaturbasierten Referenzwerten gegenüber (siehe auch Abbildung 2).

Tabelle 1: Itemkennwerte nach paarweisem Ausschluss fehlender Daten. Fett gedruckte Kennwerte verweisen auf möglicherweise problematische Eigenschaften der Skalen.

Konstrukte	r_{it} **(>.3)**	p_{Dahl} **(20 < p < 80)**	**α (>.7)**	**n**
CFI Gesamtskala (4 Items, Skalierung 1-7)	**-0.04** – 0.78	34.67 – 74.00	.77	26
CFI Alternativen (20 Items, Skalierung 1-7)	0.26 – 0.71	50.00 – 74.00	.63	26
CFI Kontrolle (7 Items, Skalierung 1 – 7)	-0.24 – 0.16	34.67 – 66.67	.63	26
Usability (10 Items, Skalierung 1– 5)	**.25*** - .88	**2.17** – 41.30	.86	23

* 1 Item mit r_{it} = .25, übrige > .55

Tabelle 2: Kenndaten des TMT in Relation zu Referenzwerten für 18 – 24-Jährige mit 10 – 15 Bildungsjahren nach Tombaugh (2004).

	Kennwerte der Stichprobe			**Referenzwerte (Tombaugh, 2004)**		
	MW	*SD*	*Med.*	*MW*	SD	*Med.*
TMT-A	23.75	7.74	21.74	22.93	6.87	21.70
TMT-B	53.98	15.13	55.22	48.97	12.69	47.00

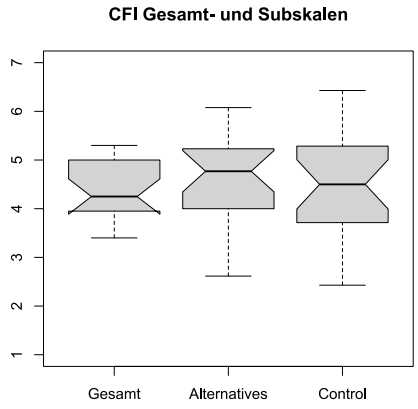


Abbildung 1: Boxplotdarstellung der Gesamt- und Subskalen des CFI.

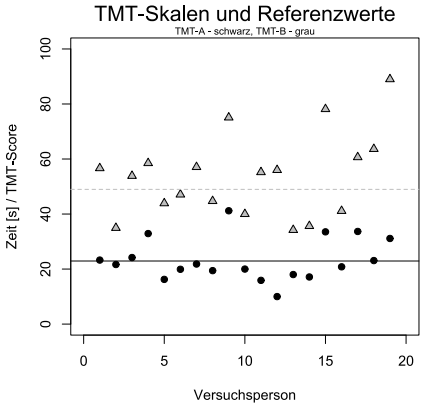


Abbildung 2: TMT-Scores und Literaturwerte.

Diskussion

Abweichend zu den Befunden der Erhebungen im Rahmen einer Studie unter 146 Lernenden (Neff, 2023) zeigt sich in der vorliegenden Auswertung eine Abweichung der Usability um rund 25 Punkte nach unten. Dieser Diskrepanz kann die Variation der genutzten Endgeräte zu Grunde liegen. Die vorliegend eingesetzten Tablets erlaubten trotz der oberflächlich vereinheitlichten, browserbasierten Darstellungsweise keine kontinuierliche Anzeige der Navigationsstruktur der Lernumgebung. Diese konnte lediglich bedarfsgerecht via Touchbefehl eingeblendet werden. Ähnlich abweichend stellten sich sogenannte Mouse-Over-Funktionen dar.

Die mit Hilfe des CFI erhobene kognitive Flexibilität liegt in der oberen Hälfte des Skalenbereichs und ist somit gleichermaßen für Altersgruppe und Bildungsniveau erwartungskonform wie auch zufriedenstellend. Zusammenhangsanalysen konnten darüber hinaus starke negative Korrelationen der CFI-Scores mit den TMT aufdecken. Anhaltspunkte für eine Validität der eingesetzten Instrumente im vorliegenden spezifischen Anwendungsfall sind somit ersichtlich.

Im hier vorherrschenden Kontext erfolgt keine Interpretation der Daten der Trailmaking-Tests in Hinblick auf diagnostische oder psychopathologische Fragestellungen. Nach Mitrushina, Boone, Razani & D'Elia (2005) muss der demographische Hintergrund der Proband:innen im Zuge der Interpretation mitberücksichtigt werden, da die Performanz zumindest hinsichtlich der TMT in Abhängigkeit von Alter und Bildungsgrad stark variiert. Dahingehend stratifizierte Normdaten bietet beispielsweise Tombaugh (2004; eine Übersicht und Einordnung zahlreicher Normierungsstudien bieten Mitrushina, Boone, Razani & D'Elia, 2005). Im direkten Vergleich bleibt die Versuchsgruppe geringfügig hinter den Referenzwerten zurück. Aus methodischer Perspektive ist hierbei die, aus forschungspragmatischen Gründen implementierte, eigenständige Zeiterfassung der Proband:innen als mögliche Fehlerquelle zu identifizieren. Weitergehende Erkenntnisse auf Personenebene werden durch eine fokussierte Auswertung unter Triangulation der personenbezogenen kognitiven Flexibilität mit dem konkreten Verhalten der Nutzer:innen– abgebildet durch Logfiles und Screencast-Daten – zeitnah publiziert.

Literatur

Bangor, A., Kortum, P. T. & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *24*(6), 574-594.

Bowie, C. R. & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature protocols*, *1*(5), 2277-2281.

Braem, S. & Egner, T. (2018). Getting a grip on cognitive flexibility. *Current directions in psychological science*, *27*(6), 470-476.

Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, *189*(194), 4-7.

Dennis, J. P. & Vander Wal, J. S. (2010). The Cognitive Flexibility Inventory: Instrument Development and Estimates of Reliability and Validity. *Cognitive Therapy and Research*, *34*(3), 241-253.

Fußangel, K., Schellenbach-Zell, J. & Gräsel, C. (2008). Die Verbreitung von Chemie im Kontext: Entwicklung der symbiotischen Implementationsstrategie. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Hrsg.), *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts* (S. 49-82). Waxmann.

Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, *32*(3), 196-214.

Gräsel, C., Jäger, M. & Willke, H. (2006). Konzeption einer übergreifenden Transferforschung und Einbeziehung des internationalen Forschungsstandes: Expertise II zum Transferforschungsprogramm. In R. Nickolaus & C. Gräsel (Hrsg.), *Innovation und Transfer: Expertisen zur Transferforschung* (S. 445-566). Schneider-Verl. Hohengehren.

International Test Commission. (2017). *The ITC Guidelines for Translating and Adapting Tests (Second Edition)*. www.InTestCom.org

Luhmann, N. & Bednarz, J. (2005). *Social systems*. *Writing science*. Stanford Univ. Press.

Mitrushina, M., Boone, K. B., Razani, J. & D'Elia, L. F. (2005). *Handbook of normative data for neuropsychological assessment* (2. ed.). Oxford Univ. Press.

Neff, S. (2023). Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis - Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation. Dissertation. In: M. Hopf & M. Ropohl (Hrsg.): Studien zum Physik- und Chemielernen. Logos Verlag Berlin.

Neff, S., Gierl, K., Engl, A., Decker, B., Roth, T., Becker, J., Patzke, K., Winterholler, B., Kauertz, A. & Risch, B. (2021). Virtuelle Labore für den MINT-Unterricht - Transferprozess einer hochschulischen Innovation in den Schulkontext. In U. Schmidt & K. Schönheim (Hrsg.), *Transfer von Innovation und Wissen* (S. 75-101). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Snyder, J., Bolin, F. & Zumwalt, K. (1992). Curriculum Implementation. In P. W. Jackson (Hrsg.), *Handbook of research on curriculum: A project of the American Educational Research Association* (S. 699-703). Macmillan.

Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, *19*(2), 203-214.

Robert Gieske[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Sprachliche Unterstützung beim Erwerb chemiebezogenen Fachwissens

Lernende im Erwerb bildungs- und fachsprachlicher Kompetenzen zu unterstützen, stellt insbesondere Lehrer*innen mit naturwissenschaftlichem Fach vor große unterrichtliche Herausforderungen. Demzufolge bleibt der Lernerfolg von Schüler*innen mit Förderbedarfen in der Bildungssprache Deutsch noch immer und viel zu oft hinter dem ihrer bildungssprachlich kompetenteren Mitschüler*innen zurück (OECD, 2007; Stanat et al., 2019). Der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (*DIA*) von Brown et al. (2010) soll dieser Barriere entgegenwirken, indem Lernende beim Erwerb chemischen Fachwissens in besonderem Maße unterstützt werden. Um die Wirkungsweise des *DIA* mit der des sprachsensiblen *Scaffoldings* vergleichend zu evaluieren, haben wir Cluster-randomisierte Vergleichsstudien durchgeführt (Gieske et al. 2022; 2023) und die fachbezogenen Lernzuwächse der Schüler*innen mittels verschiedener Regressionsmodelle analysiert. Im Beitrag stellen wir das Studiendesign und ausgewählte Ergebnisse zur Diskussion.

Theoretische Rahmung

Für den Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts lässt sich konstatieren, dass eine systematische, durchgängige Sprachbildung keineswegs in der Breite der Schulpraxis angekommen ist: Sprachbildende Unterrichtsmaßnahmen werden häufig gar nicht oder nur sporadisch von Lehrkräften geplant und umgesetzt (Riebling, 2013). Eine Möglichkeit, diese lediglich punktuelle Implementation zu erklären, könnte im Fehlen belastbarer empirischer Befunde begründet sein. Befunde, wie sie beispielsweise aus der Mathematikdidaktik bereits vorliegen (Prediger & Neugebauer, 2023), sind uns im Feld naturwissenschaftsdidaktischer Forschung nicht bekannt. Ein sprachsensibler Fachunterricht sollte „alle Schülerinnen und Schüler, die wegen unzureichender sprachlicher Fähigkeiten dem Unterricht nicht folgen können“ (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020, S. 99) fördern und folglich darauf ausgelegt sein, bildungs- und fachsprachliche Fähigkeiten systematisch und kumulativ aufzubauen (Gogolin & Lange, 2011). Dafür ist es notwendig, dass Fachlehrer*innen die Fachsprache sowohl als Lernziel als auch als Kommunikationsmedium des Fachunterrichts anerkennen (Bolte & Pastille, 2010; Streller et al., 2012). Einen vielversprechenden Ansatz, der eine systematische Förderung fachsprachlicher Fähigkeiten ermöglicht, stellt Chemieunterricht in Anlehnung an die Konzeption von *Disaggregate Instruction* (Brown et al., 2010) dar. Im Zuge dieses Unterrichts, welcher in insgesamt vier Phasen gegliedert ist (Gieske et al., 2022, 2023), werden neue fachinhaltliche Konzepte zunächst ohne die Verwendung neuer Fachterminologie erarbeitet (Brown et al., 2010, S. 1474). Wenn dies nach Einschätzung der Lehrkraft gelungen ist, werden anschließend die Fachtermini sprachsensibel eingeführt und mit den korrespondierenden Fachkonzepten verknüpft (Brown et al., 2010, S. 1474). Der *DIA* weist Überschneidungen mit dem prominenten Ansatz des sprachsensiblen *Scaffoldings* auf, welcher ebenfalls anstrebt, am konkreten Lern- und Sprachstand der Schüler*innen zu beginnen, jedoch keine strenge Phasenstruktur für den Unterricht vorgibt (Hammond & Gibbons, 2005). Interventionsstudien in den USA haben nachgewiesen, dass Unterricht in Anlehnung an den *DIA* auf Seiten der Lernenden zu höheren fachlichen Lernzuwächsen führt, als Unterricht, indem keine strikte Trennung zwischen konzeptuellem und fachsprachlichem Lernen erfolgt (Brown et al., 2010).

Forschungsfragen

Um die Wirksamkeit von Unterricht nach den Gestaltungsprinzipien von *Disaggregate Instruction* zu untersuchen, bearbeiten wir drei aufeinander aufbauende Fragestellungen:

1. Inwiefern werden Schüler*innen hinsichtlich des Lernzuwachses im Bereich chemiebezogenen Fachwissens durch Unterricht nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (*DIA*), verglichen mit sprachsensiblem Unterricht anhand von *Scaffolding*, unterstützt?
2. Inwieweit beeinflussen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch den Lernerfolg im Bereich chemiebezogenen Fachwissens in Abhängigkeit des Unterrichtsansatzes?
3. Welchen Einfluss übt der Unterrichtsansatz auf die fachlichen Lernzuwächse von Schüler*innen an Integrierten Sekundarschulen (im Vergleich zu Gymnasien) aus?

Studiendesign

Für die vergleichende Untersuchung der beiden Unterrichtsvarianten (*DIA* und *Scaffolding*) haben wir eine Interventionsstudie im Prä-Post-Design geplant. Im Zuge dessen entstand eine Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt“ (Gieske et al., eingereicht) für die Jahrgangsstufen 8/9 im Themenfeld „Salze – Gegensätze ziehen sich an“ (SenBJF Berlin, 2015, S. 36), die in zwei sprachsensiblen Varianten konzipiert und realisiert wurde. In der Interventionsgruppe sind *DIA*- und *Scaffolding*-Prinzipien miteinander kombiniert im Einsatz, während in der Kontrollgruppe lediglich *Scaffolding*-Prinzipien Anwendung finden. Der Lernzuwachs wird durch einen eigens entwickelten, themenfeldbezogenen Fachwissenstest im Prä-Post-Design ermittelt (Gieske et al., 2023). Außerdem werden zum Prä-Zeitpunkt (t_0) durch einen C-Test (ifbq Hamburg, 2008) die Kenntnisse der Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch erfasst. C-Tests gelten als zeitökonomisches und zuverlässiges Testverfahren, um globale Sprachfähigkeiten zu erheben (Eckes & Grotjahn, 2006). Die an der Studie teilnehmenden Schüler*innen werden als Klassenverbände randomisiert der Interventions- oder Kontrollbedingung so zugeordnet, dass von jeder teilnehmenden Schule mindestens eine Klasse als Interventions- und eine Parallelklasse als Kontrollgruppe fungiert. Die zu gewinnenden Daten hinsichtlich der fachlichen Lernzuwächse und Kenntnisse der deutschen Bildungssprache werden inferenzstatistisch über Mehrebenen-Regressionsanalysen ausgewertet. Dafür nutzen wir lineare, gemischte Modelle mit t-Tests unter Anwendung der Satterthwaite-Methode (Leyrat et al., 2018).

Ergebnisse

An der Interventionsstudie haben insgesamt 464 Schüler*innen aus 20 Klassen verschiedener Gymnasien und Integrierter Sekundarschulen in Berlin und Brandenburg teilgenommen. Die statistischen Analysen berücksichtigen die Daten von $N = 276$ Lernenden, die während der gesamten Unterrichtsreihe anwesend waren und von denen vollständige Datensätze vorliegen. Die Stichprobe setzt sich zusammen aus $n = 137$ Schüler*innen in der Interventions- und $n = 139$ Schüler*innen in der Kontrollgruppe. Zum Zeitpunkt t_0 unterscheiden sich die Schüler*innen beider Gruppen statistisch weder hinsichtlich des themenfeldbezogenen Fachwissens noch hinsichtlich ihrer Kenntnisse in der Bildungssprache Deutsch ($p > 0{,}05$). Werden nun die Lernzuwächse betrachtet, so lässt sich deskriptiv kein Unterschied zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe erkennen. Die Lernenden erreichen unabhängig von der Unterrichtsvariante einen mittleren Lernzuwachs von $DM = 5{,}2$ Punkten zwischen Prä- und Post-Test. Der Gruppenvergleich durch Mehrebenen-Regressionsanalysen mit einem Random Intercept für Lerngruppen-Cluster ergibt ebenfalls keinen statistisch signifikanten

Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollbedingung bezüglich der erreichten Lernzuwächse ($p = 0{,}90$). Fügt man dem Regressionsmodell die C-Test-Scores hinzu, so ergibt sich für den multiplikativen Interaktionsterm *Art der Intervention* × *C-Test-Score* erneut kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0{,}28$). Im letzten Schritt werden die teilnehmenden Schüler*innen getrennt nach der Schulform (Integrierte Sekundarschule und Gymnasium) analysiert. Wiederholt man die Berechnung des multiplikativen Interaktionsterms *Art der Intervention* × *C-Test-Score* für die Lernenden an Integrierten Sekundarschulen ($N = 166$ in 14 Clustern), so steigt der fachliche Lernzuwachs in der Kontrollgruppe mit höherem C-Test-Score deutlich steiler an als in der Interventionsgruppe ($p < 0{,}05$; s. Abb. 1).

Diskussion und Ausblick

Auf der Grundlage unserer Analysen lässt sich dem *DIA* zunächst kein grundlegender Vorteil gegenüber Chemieunterricht in Anlehnung an sprachsensibles *Scaffolding* bescheinigen (1. Forschungsfrage). Auch unter Berücksichtigung der Kompetenzen aller teilnehmenden Schüler*innen in der Bildungssprache Deutsch unterscheiden sich die fachlichen Lernzuwächse zwischen den beiden untersuchten Gruppen nicht statistisch bedeutsam voneinander (2. Forschungsfrage).

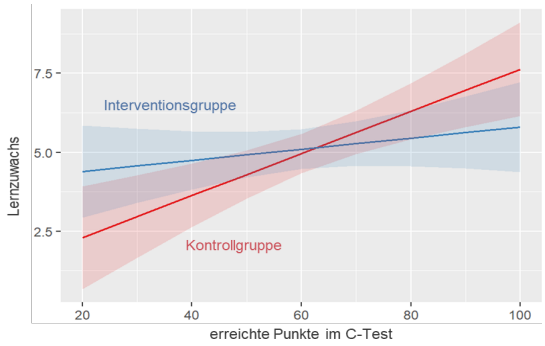


Abb. 1. Zusammenhang zwischen dem fachlichen Lernzuwachs, der Unterrichtsvariante und den erreichten Punkten im C-Test für Lernende an Integrierten Sekundarschulen (n = 166).

Sprachsensibles *Scaffolding* scheint unter diesen Bedingungen durch seine Gestaltungsprinzipien, wie das Anknüpfen an den sprachlichen Lernstand der Schüler*innen und das gezielte Verknüpfen erkenntnisunterstützender Darstellungsformen (Hammond & Gibbons, 2005), bereits ausreichend adäquate Gelegenheiten für die fachliche und fachsprachliche Lernentwicklung zu schaffen. Demgegenüber vermag der *DIA*, Lernende an Integrierten Sekundarschulen mit hohen bildungssprachlichen Förderbedarfen in besonderem Maße zu unterstützen (3. Forschungsfrage). Für diese Schüler*innen stellt sich die explizite zeitliche Trennung der Einführung neuer Fachtermini vom fachlichen Konzepterwerb als ausgesprochen gewinnbringend heraus (s. Abb. 1; Brown et al., 2010, S. 1491). Wenngleich wir durch die quantitativen Betrachtungen der fachlichen Lernzuwächse unter Berücksichtigung relevanter Kontrollvariablen Evidenz für die Wirksamkeit der beiden betrachteten sprachsensiblen Ansätze gewinnen konnten, bleiben die individuellen Prozesse bezüglich der Aneignung fachlicher Konzepte und neuer Fachtermini auf Seiten der Lernenden offen. Um diese zu untersuchen, haben wir im Rahmen des Post-Tests zusätzlich schriftliche Texte von den Schüler*innen erhoben. Diese untersuchen wir gegenwärtig mit besonderem Fokus auf den Gebrauch der Fachtermini inhaltsanalytisch, um die quantitativen Erkenntnisse zusätzlich qualitativ zu stützen (Gieske et al., in diesem Band).

Literatur

Becker-Mrotzek, M., & Woerfel, T. (2020). Sprachsensibler Unterricht und Deutsch als Zweitsprache als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 98–104). UTB.

Bolte, C., & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierend naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 26–46). StudienVerlag.

Brown, B. A., Ryoo, K., & Rodriguez, J. (2010). Pathway Towards Fluency: Using 'disaggregate instruction' to promote science literacy. *International Journal of Science Education*, *32*(11), 1465–1493.

Eckes, T., & Grotjahn, R. (2006). A closer look at the construct validity of C-tests. *Language Testing*, *23*(3), 290–325.

Gieske, R., Freudenberg, S., & Bolte, C. (in diesem Band). *Adressatenorientierung in Texten: Schüler*innen erklären Lösevorgänge*. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik 2023.

Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (2022). Transferring language instruction into science education: Evaluating a novel approach to language- and subject-integrated science teaching and learning. *RISTAL*, *5*, 144–162.

Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (2023). Das Tote Meer stirbt – Effekte einer sprachsensiblen Unterrichtsreihe. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 206–209).

Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (eingereicht). Vom Salz zur Ionensubstanz: Eine sprachsensible Unterrichtsreihe zur Erkundung von Salzen im Toten Meer. *CHEMKON*.

Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit* (S. 107–127). VS.

Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect*, *20*(1), 6–30.

ifbq Hamburg. (2008). *C-Test Klasse 7/8 „Überfall +3"*.

Leyrat, C., Morgan, K. E., Leurent, B., & Kahan, B. C. (2018). Cluster randomized trials with a small number of clusters: Which analyses should be used? *International Journal of Epidemiology*, *47*(1), 321–331.

OECD (Hrsg.). (2007). *PISA 2006 - Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bertelsmann.

Prediger, S. (2022). Enhancing language for develpoing conceptual understanding: A research journey connecting different research approaches. *Proceedings of Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. CERME, Bozen-Bolzano, Italy.

Prediger, S., & Neugebauer, P. (2023). Can students with different language backgrounds profit equally from a language-responsive instructional approach for percentages? Differential effectiveness in a field trial. *Mathematical Thinking and Learning*, *25*(1), 2–22.

Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität*. Waxmann.

SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie] Berlin. (2015). *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Chemie*.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich.* Waxmann.

Streller, S., Hoffmann, M., & Bolte, C. (2012). KieWi & Co.: Sprachförderung im Kontext naturwissenschaftlichen Lernens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 572–574). Lit.

Jan-Martin Österlein[1]
Mathias Ropohl[1]
Sebastian Habig[2]
Miriam Morek[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Erlangen-Nürnberg

Förderung der Textqualität von Versuchsprotokollen im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

In den Naturwissenschaften ist das Lernen der Sprache eng mit dem Lernen fachlicher Konzepte verknüpft (Wellington & Osborne, 2001). Die naturwissenschaftliche Fachsprache ist auf der Wortebene durch eine Vielzahl von Fachbegriffen geprägt. Auf der Satzebene wird von Lernenden beispielsweise erwartet, konditionale und kausale Zusammenhänge durch entsprechende Satzstrukturen auszudrücken. Die wichtigste Textsorte im Chemieunterricht ist das Versuchsprotokoll. Es bildet den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess ab und folgt dabei einer weitgehend einheitlichen Struktur aus Fragestellung, Hypothese, Durchführung, Beobachtung und Auswertung (Beese & Roll, 2015; Müllner et al., 2022). Beim Schreiben eines Versuchsprotokolls müssen Lernende unterschiedliche Textgenres sprachlich umsetzen. Während die Durchführung deskriptiv-berichtend angelegt ist, sind in der Beobachtung und Auswertung konditionale bzw. kausale Satzmuster gefordert. Die Auswertung ist für Lernende dabei sowohl sprachlich als auch inhaltlich der anspruchsvollste Abschnitt des Versuchsprotokolls, da die Lernenden die Beobachtungen des Experiments mit ihrem bereits vorhandenen Wissen verknüpfen müssen (Berland & Reiser, 2009; Busch & Ralle, 2013).

Zur Modellierung der Auswertung eines Versuchsprotokolls wird das Modell von Park et al. (2021) herangezogen. Im Zentrum des Modells steht der *claim*, welcher für das Versuchsprotokoll als *Antwort auf die Fragestellung* operationalisiert wird. Park et al. (2021) unterscheiden eine evidenzbasierte Antwort, welche sich unmittelbar aus den gewonnenen Daten ableitet und eine explanativ-theoriebasierte Antwort, welche relevantes theoretisches Wissen heranzieht. Um die Trennung von Beobachtung und Auswertung stärker hervorzuheben, wurde die evidenzbasierte Antwort in zwei Teilschritte unterteilt: (1) Die Interpretation der Beobachtung und (2) die evidenzbasierte Schlussfolgerung, welche zur Antwort auf die Fragestellung führt. Diese bilden gemeinsam mit (3) dem Einbezug theoretischen Wissens die drei Hauptschritte der Auswertung im Versuchsprotokoll.

Grundlegend können zwei Ansätze unterschieden werden, um Schreibprozesse in den Unterricht zu integrieren und die Textqualität zu fördern: Bei *Learning to Write* steht das Produzieren disziplintypischer Textsorten unter Berücksichtigung der Fachsprache im Vordergrund (Graham et al., 2015; Sampson et al., 2013). *Writing to Learn* verfolgt demgegenüber das Ziel, fachliches Lernen zu unterstützen. Häufig wird im Rahmen dieses Ansatzes auf Textsorten wie Essays zurückgegriffen, mit der Konsequenz, dass die Nutzung von Fachsprache in den Hintergrund tritt (z. B. Sampson et al., 2013).

Ziele und Forschungsfragen

Das Versuchsprotokoll bietet Lernenden die Möglichkeit den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu reflektieren und sich mit den fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen. Es zeigt sich jedoch, dass Lernende Schwierigkeiten haben, qualitativ hochwertige Versuchsprotokolle anzufertigen. Vor diesem Hintergrund verfolgt das vorliegende Vorhaben

das Ziel, Lernende beim Schreiben von Versuchsprotokollen zu unterstützen. Außerdem soll durch die Unterstützung des Schreibprozesses fachliches Lernen initiiert werden. Dazu sind Schreibfördermaßnahmen entwickelt worden, die fachsprachliche (*Learning to Write*) und/oder epistemische Hilfen (*Writing to Learn*) beinhalten. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:
Wie beeinflussen unterschiedliche Kombinationen fachsprachlicher und epistemischer Schreibfördermaßnahmen …
1. die Qualität von Versuchsprotokollen von Lernenden im Chemieunterricht?
2. den fachwissensbezogenen Lernzuwachs von Lernenden im Chemieunterricht?

Methode und Studiendesign
Die entwickelten Schreibfördermaßnahmen sind im Rahmen einer Interventionsstudie im Prä-Post-Testdesign evaluiert worden. Im Prä-Test wurden die allgemeinen sprachlichen (C-Test) und figuralen kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) als Kontrollvariablen erhoben. Das Fachwissen zum Thema *Salze* und die Qualität eines Versuchsprotokolls zum Thema *Leitfähigkeit* bilden die abhängigen Variablen, die auch im Post-Test erhoben wurden. Im Anschluss an den Prä-Test erhielten die Lernenden eine Instruktion bezüglich des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs und der Rolle von Versuchsprotokollen. In den darauffolgenden drei Interventionssitzungen fertigten die Lernenden unter Nutzung der ihnen randomisiert zugeteilten Fördermaßnahmen je ein Versuchsprotokoll auf Basis von zwei Experiment-Videos an. Die sprachlichen und epistemischen Hilfen wurden dazu in einem 2x3-Design inkl. Kontrollgruppe kombiniert. Als sprachliche Hilfen wurden einerseits Wort- und Satzhilfen sowie andererseits ein Beispielprotokoll eines anderen Experiments eingesetzt (Graham et al., 2015; Leisen, 2010). *Writing to Learn* wurde nicht durch typischerweise in diesem Ansatz genutzte Schreibaufgaben (z. B. Lerntagebücher) realisiert, sondern in Form epistemischer Hilfen an das Versuchsprotokoll angepasst. Die Hilfen enthalten Informationen über die Struktur und wichtige Merkmale des Protokollabschnitts. Dadurch erhalten die Lernenden die Möglichkeit, sich mit fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen, ohne an fachsprachliche Vorgaben gebunden zu sein (vgl. Sampson et al., 2013). Insgesamt liegen von $N = 317$ Lernenden Datensätze vor, die sich weitestgehend gleichmäßig auf die sechs Interventionsgruppen verteilen ($49 \leq n \leq 58$). Die Versuchsprotokolle wurden anhand eines Kodiermanuals hinsichtlich epistemischer (dichotom) und fachsprachlicher Kriterien (trichotom) bewertet. Die Kodierung wurde anschließend in Qualitätsstufen für die epistemische und fachsprachliche Qualität von 0 bis IV überführt, wobei die fachsprachliche Qualität die fachliche Korrektheit beinhaltet.

Ergebnisse
Im Folgenden werden nur die Ergebnisse des Protokollabschnitts *Auswertung* berichtet. Da es sich bei den Qualitätsstufen um ein ordinales Maß handelt, wurden für den Prä-Post-Vergleich der Protokollqualität Wilcoxon-Tests herangezogen. Es zeigt sich, dass die epistemische Qualität (also die strukturelle Vollständigkeit) der Auswertung nur in der Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, signifikant zunimmt ($z = -2.032$, $p = .042$). Insgesamt erreichen in allen Gruppen nur wenige Lernende die Qualitätsstufen III und IV. Zur Beurteilung der fachsprachlichen Qualität der Auswertung wurden die drei beschriebenen Hauptschritte (1) Interpretation, (2) Schlussfolgerung und (3) Einbezug von theoretischem Wissen einzeln betrachtet. Für die (1) Interpretation können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Gruppe, die mit epistemischen Hilfen in Kombination mit dem

Beispielprotokoll gearbeitet hat, zeigt deskriptiv einen Zuwachs, der jedoch nicht signifikant wird (z = -1.850, p = .064). Für die (2) Schlussfolgerung können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede berichtet werden. Jedoch zeigen die Gruppen, die mit Wort- und Satzhilfen (z = -1.724, p = .085) bzw. dem Beispielprotokoll (z = -1.616, p = .11) gearbeitet haben, einen tendenziellen Qualitätszuwachs. Beim Einbezug theoretischen Wissens (3) kann die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, einen signifikanten Zuwachs in der Qualität vorweisen (z = -2.388, p = .017). Auch die Kontrollgruppe zeigt tendenziell eine Verbesserung (z = -1.741, p = .082). Für die ersten beiden Teilschritte der Auswertung erreichen, ähnlich wie bei der epistemischen Qualität, nur wenige Lernende die Qualitätsstufen III und IV. Beim dritten Teilschritt erreichen die meisten Lernenden die Qualitätsstufe 0.
Hinsichtlich des Fachwissens zeigt eine rmANOVA, dass zwischen den Gruppen keine Unterschiede bezüglich des Lernzuwachses vorliegen, $F(5, 250) = .605$, $p = .696$. Einzelne Prä-Post-Vergleiche zeigen jedoch, dass die Gruppe, die nur mit epistemischen Hilfen gearbeitet hat, einen signifikanten Lernzuwachs verzeichnen kann, $F(1, 37) = 8.934$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .195$. Auch die Gruppe, welche epistemische Förderung in Kombination mit dem Beispielprotokoll erhalten hat, lernt signifikant dazu, $F(1, 46) = 5.266$, $p = .026$, $\eta_p^2 = .103$. Die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, zeigt deskriptiv einen Fachwissenszuwachs, der nicht signifikant ist, $F(1, 45) = 3.825$, $p = .057$).

Diskussion und Limitationen

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Qualität der Versuchsprotokolle in der Auswertung als gering einzustufen ist. Es ist zu berücksichtigen, dass eine geringe fachsprachliche Qualität der einzelnen Teilschritte mitunter darin begründet ist, dass die Qualitätsstufe *0* aufgrund des Fehlens des entsprechenden Teilschritts vergeben wurde. Dies ist vor allem beim (3) Einbezug von theoretischem Wissen der Fall, da dieser Schritt vom überwiegenden Teil der Lernenden nicht berücksichtigt wurde.
Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage zeigt sich, dass die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, als einzige einen Zuwachs in der epistemischen Qualität verzeichnen kann. Dies könnte darauf hindeuten, dass Lernende aufgrund eines geringen Fachwortschatzes Schwierigkeiten beim Formulieren der einzelnen Teilschritte der Auswertung haben. Dass diese Gruppe sich auch in der fachsprachlichen Qualität tendenziell verbessert, ist mit dem *Learning to Write*-Ansatz im Einklang (Graham et al., 2015). Es lässt sich darüber hinaus festhalten, dass die Kombination epistemischer und sprachlicher Hilfen für die Auswertung nicht zu einem Mehrwert hinsichtlich der Qualitätsverbesserung führt.
Mit Blick auf die zweite Forschungsfrage zeigen sich nur geringe Veränderungen des Fachwissens. Die Gruppen, die einen Fachwissenszuwachs verzeichnen können, haben (anteilig) mit epistemischen Hilfen gearbeitet. Dieser Befund ist vor dem Hintergrund des *Writing to Learn*-Ansatzes erwartungskonform (z. B. Klein & Boscolo, 2016).
Die nur gering ausgeprägten Effekte der Intervention können möglicherweise auf die geringe Interventionsdauer zurückgeführt werden. Eine ähnliche Studie aus der Physikdidaktik mit einer vergleichbaren Interventionsdauer zeigt ähnlich geringe Effekte (vgl. Krabbe & Timmerman, 2022). Weiterhin können eine geringe Schreib- und Testmotivation als effektivitätsmindernd angenommen werden. Es bleibt zu prüfen, weshalb Lernende vor allem in der Auswertung nur wenig Text produzieren. Neben der Schreibmotivation könnte die fehlende Passung zwischen Material und Lernenden eine Rolle spielen. Dieser Aspekt ist vor allem vor dem Hintergrund des insgesamt schwachen Leistungsniveaus der Lernenden hinsichtlich der Protokollqualität und des Fachwissens von Bedeutung.

Literatur

Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Sprachbildung in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51–72). Fillibach bei Klett.

Berland, L. K. & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. Science Education, 93(1), 26–55. https://doi.org/10.1002/sce.20286

Busch, H. & Ralle, B. (2013). Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), Fachdidaktische Forschungen: Bd. 3. Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen (S. 277–294). Waxmann.

Graham, S., Harris, K. R. & Santangelo, T. (2015). Research-Based Writing Practices and the Common Core. The Elementary School Journal, 115(4), 498–522. https://doi.org/10.1086/681964

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen: Revision (KFT 4-12 + R). Hogrefe.

Klein, P. D. & Boscolo, P. (2016). Trends in Research on Writing as a Learning Activity. Journal of Writing Research, 7(3), 311–350. https://doi.org/10.17239/jowr-2016.07.03.01

Krabbe, H. & Timmerman, P. (2022). Beschreiben und Erklären im Versuchsprotokoll des Physikunterrichts: Empirische Ergebnisse einer textsortenbasierten Schreibförderung. In H. Roll (Hrsg.), Schreibförderung im Fachunterricht der Sekundarstufe I: Interventionsstudien zu Textsorten in den Fächern Geschichte, Physik, Deutsch und Türkisch (S. 251–282). Waxmann Verlag GmbH.

Leisen, J. (2010). Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis; Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach. Varus-Verlag.

Müllner, B., Bachler, T. & Möller, A. (2022). Herausforderungen und Chancen der Textsorte „Versuchsprotokoll“ im Biologieunterricht für Schüler:innen mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.11576/ZDB-4347 (54-74 / Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen, Bd. 26 (2022).

Park, J., Yoon, H.-G., Kim, M. & Jho, H. (2021). The Nature of scientific evidence and ist implications for teaching science. Journal of Baltic Science Education, 20(5), 840–856. https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.840

Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J. & Witte, S. (2013). Writing to Learn by Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Students Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. Science Education, 97(5), 643–670. https://doi.org/10.1002/sce.21069

Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education* (Repr). Open Univ. Press.

Katharina Flieser[1] [1]Universität Regensburg
Karsten Rincke[1]

Verständlichkeit physikalischer Texte für Schüler*innen: Behaltensleistung und Textwahrnehmung im Fach Physik

Die Sprache ist in vielerlei Hinsicht bedeutsam für das Lernen und damit für den Unterricht aller Fächer. Die Kultusministerkonferenz der Länder betont dementsprechend, dass die sprachliche (und kulturelle) Bildung mit naturwissenschaftlicher Kompetenz verbunden sei (KMK, 2020, S. 9). Speziell die Kommunikationskompetenz, die insbesondere die Fähigkeit umfasse, Fachsprache zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen“ (KMK, 2020, S. 10) zählt explizit zu den Bildungsstandards für das Fach Physik. Eines der zentralen Medien im Zusammenhang mit Informationsvermittlung sind geschriebene Sachtexte. Auch in Zeiten, in denen ein rasanter (digitaler) Wandel neuartige Lernmedien bringt, welche keine schriftsprachlichen Kompetenzen voraussetzen (Erklärvideos, Animationen, interaktive Lernspiele etc.), bleibt der Umgang mit geschriebenem Text eine fundamentale Kompetenz um Wissen zu vermitteln und um sich Wissen anzueignen. Damit die Wissensaneignung anhand von Texten im Unterricht erfolgreich verlaufen kann, müssen sowohl seitens der Schüler*innen als auch seitens der Texte Gelingensbedingungen erfüllt sein. Denn gemäß dem aktuellen Konsens in der Forschung zum verstehenden Lesen, treten Lesende in *Interaktion* mit einem Text, um ihn zu verstehen. Das bedeutet, dass die Texteigenschaften auf die Lesenden abgestimmt sein müssen und Lesende über geeignete Fähigkeiten verfügen müssen, die Textinhalte aufzunehmen und mental zu verarbeiten (Lenhard, 2013, S. 27 f.; Artelt, McElvany, Christmann, Richter, Groeben, Köster, (…), Ring, 2006, S. 2005, S. 12 f.).

Die hier vorgestellte Arbeit nimmt die Seite der Texte in den Blick, indem der Frage nachgegangen wird, wie Texte im Fach Physik sprachlich gestaltet sein müssen, damit Schüler*innen erstens die enthaltenen Informationen behalten (kognitiver Aspekt) und zweitens den Text als verständlich wahrnehmen (affektiver Aspekt). Das Forschungsinteresse liegt also in den folgenden Forschungsfragen:

1. Inwiefern beeinflussen (fach-)sprachliche Gestaltungsmittel aus den Feldern Wortwahl, Satzstrukturen und erzählende/personalisierende Elemente die Behaltensleistung von Schüler*innen beim Lesen eines physikalischen Sachtexts?
2. Inwiefern beeinflussen (fach-)sprachliche Gestaltungsmittel aus den Feldern Wortwahl, Satzstrukturen und erzählende/personalisierende Elemente den globalen Verständlichkeitseindruck sowie die einzelnen Facetten der affektiven Textwahrnehmung bei Schüler*innen?
3. Inwiefern hängen die Behaltensleistung und der globale Verständlichkeitseindruck beziehungsweise die Facetten der affektiven Textwahrnehmung zusammen?

Im Folgenden wird eine Studie vorgestellt, anhand derer empirische Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen gesammelt wurden. Daran anschließend wird ein qualitativer Einblick in zentrale Ergebnisse und deren Diskussion gegeben. Für detaillierte Ausführungen zu den statistischen Methoden sowie für eine ausführliche Ergebnisdarstellung inklusive präziser quantitativer Resultate muss an dieser Stelle auf die Dissertation der Erstautorin verwiesen werden. Diese erscheint im Jahr 2024.

Eine empirische Studie zur Wirkung von Texten im Fach Physik

*Abb. 1: Gesamtkonzept der Studie. Die abhängige Variable ist die sprachliche Gestaltung eines Texts hinsichtlich der drei Felder **W**ortwahl, **S**atzstrukturen und **P**ersonalisierung (dargestellt durch den Würfel). Es wurden acht Textversionen (A bis H) erstellt und jeweils die affektive Textwahrnehmung sowie die Behaltensleistung von Schüler*innen erhoben und statistisch analysiert. Die stilisierte Visitenkarte und das Buch mit Lesebrille stehen für die miterhobenen Moderatorvariablen Personeneigenschaften (d. h. Gender, Schulstatus) und Lesefähigkeiten.*

Das Gesamtkonzept der Studie ist in Abb. 1 dargestellt. Es wurden acht Textvarianten zum Thema „Die elektrische Spannung" erstellt, die sich sprachlich voneinander unterscheiden. Jeder der acht Texte weist dabei ein individuelles Ausprägungsmuster hinsichtlich der Wortwahl, der Satzstrukturen und des Grads an Personalisierung auf. Die Ausprägungen wurden jeweils auf genau zwei Levels umgesetzt – entweder anspruchsgesteigert bzw. hoch oder anspruchsgemindert bzw. gering. Es ergibt sich ein $2 \times 2 \times 2$ Muster, indem sich jede Textvariante eindeutig verorten lässt (z. B. anspruchsgeminderte Wortwahl, anspruchsgesteigerte Satzstrukturen und geringer Grad an Personalisierung).

Es nahmen 787 Mittelstufenschüler*innen aus bayerischen Gymnasien und Realschulen an der Studie teil. Jede*r teilnehmende Schüler*in bearbeitete zunächst einen Lesefähigkeitstest (LGVT 5-12+[1]) und einen Vorwissenstest (eigens für die Studie erstellt; bestehend aus Wahr-Oder-Falsch-Entscheidungen hinsichtlich Aussagen zu den Lerninhalten des Texts). Nach etwa zwei Wochen fand der zweite Studienteil statt, bei dem jede*r Schüler*in eine per Zufall zugewiesene Textversion las, im Anschluss einen Fragebogen zur affektiven Textwahrnehmung bearbeitete und einen Behaltenstest absolvierte. Der Fragebogen zur affektiven Textwahrnehmung wurde auf Grundlage einer intensiven Literaturrecherche erstellt und umfasste 44 Items in Form von Aussagen zum Texteindruck (z. B. „Ich konnte im Text durchgehend einen roten Faden erkennen") sowie ein Item zum globalen Verständlichkeitseindruck („Ich fand den Text insgesamt verständlich"). Die Items wurden auf einer fünfstufigen Rating-Skala bewertet. Der Behaltenstest war identisch mit dem Vorwissenstest.

Qualitativer Einblick in die Studienergebnisse und Deutungsansätze

Die Studie zeigte, dass die variierte sprachliche Gestaltung eines Physiktexts zu unterschiedlichen Wirkungen auf Schüler*innen führt. Dies wurde anhand von ANCOVAs[2] statistisch nachgewiesen. Für die Analyse der affektiven sowie kognitiven Wirkungen war eine differenzierte Herangehensweise in verschiedener Hinsicht gewinnbringend:

- Effekte einzelner sprachlicher Gestaltungsvariablen (W, S und P) führten zu signifikanten Unterschieden in der Behaltensleistung und der affektiven Wahrnehmung. Die Effekte

[1] Siehe die Testzentrale des Hogrefe-Verlags:
www.testzentrale.de/shop/lesegeschwindigkeits-und-verstaendnistest-fuer-die-klassen-5.12.html

[2] Analysis of Covariance. Für einen Einblick siehe Rasch, Friese, Hoffmann & Naumann (2014, Kap. 5 & 6). Auf Einzelheiten zu den Analysen in dieser Studie wird an dieser Stelle aus Platzgründen nicht eingegangen.

traten weniger deutlich hervor, wenn lediglich nach Textversionen (A, B, …, H) unterschieden wurde; wenn also nicht nach der konkreten Ausprägung von W, S und P differenziert wurde, sondern alle Gestaltungsmittel zugleich betrachtet wurden.
Genauer: Von den drei Variablen W, S und P zeigt ausschließlich die Wortwahl marginal signifikante Effekte und zwar derart, dass sich eine anspruchsgeminderte Ausprägung günstig auf die Behaltensleistung auswirkt (geringe Effektstärke). Hinsichtlich der affektiven Textwahrnehmung zeigt ebenfalls die Wortwahl signifikante Effekte geringer Stärke auf die Subfacetten „Involviertheit“ und „Flüssiges, unangestrengtes Lesen“. Eine anspruchsgeminderte Wortwahl sorgt darüber hinaus für einen signifikant besseren Globaleindruck zur Verständlichkeit. Eine interessante Größe hinsichtlich der affektiven Textwahrnehmung stellt auch die Personalisierung dar, die sich mit großer Effektstärke höchst signifikant auf die Subfacette „Involviertheit“ auswirkt.

- Die sprachliche Gestaltung zeigt sowohl (geringe) Effekte auf die Behaltensleistung als auch (deutlichere) Effekte auf die affektive Textwahrnehmung. Dabei sind unterschiedliche sprachliche Gestaltungsvariablen unterschiedlich relevant. Die beiden Wirkungsebenen zu differenzieren erscheint somit sinnvoll. Insbesondere sorgt eine Einteilung der affektiven Textwahrnehmung in Subfacetten für weitere interessante Einblicke.
  Genauer: Eine stark ausgeprägte Personalisierung im Text bewirkt bei höchster Signifikanz und großer Effektstärke eine stärkere „Involviertheit“ der Lesenden. Die „Involviertheit“ ist eine Subfacette der Textwahrnehmung, die jedoch ihrerseits nur schwache Zusammenhänge mit dem globalen Verständlichkeitseindruck und der Behaltensleistung aufweist. Dies bedeutet, dass der Grad an Personalisierung eines Texts zwar eine Subfacette der affektiven Textwahrnehmung beeinflusst. Es bleibt allerdings unklar, ob dies weitere (lernförderliche) Folgen hat. Denkbar wäre, dass die „Involviertheit“ die Bereitschaft der Schüler*innen steigert, sich weiter mit dem Text auseinanderzusetzen oder der Lesefreude der Schüler*innen zuträglich ist.
- Die Effekte der sprachlichen Gestaltung sind unterschiedlich je nach Personeneigenschaften und Lesefähigkeiten. Besonders in Subgruppen mit tendenziell schwächeren Ausgangsbedingungen (geringes Vorwissen, schwächere Lesefähigkeiten, Realschüler*innen im Vergleich zu Gymnasiast*innen) zeigen sich deutlichere Effekte der sprachlichen Gestaltung als in Subgruppen stärkerer Leistungsniveaus. Eine Differenzierung hinsichtlich der personenbezogenen Voraussetzungen für das verstehende Lesen erwies sich somit ebenfalls als gewinnbringend.

Insgesamt öffnet diese Studie ein weites Feld für Anschlussfragen insbesondere bezüglich der affektiven Wirkungen von Texten. Der Schluss, dass sich anhand von sprachlichen Veränderungen zunächst nur geringfügige Auswirkungen auf kognitive Erfolgskriterien ergeben, steht im Einklang mit den Ergebnissen vergleichbarer Studien (z. B. Hackemann, Heine & Höttecke, 2022; Härtig, Fraser, Bernhot & Retelsdorf, 2019). Die Frage nach der Rolle von affektiven Aspekten im Zusammenspiel aus sprachlicher Gestaltung und Textwirkung ist jedoch ein innovativer Forschungsansatz, der bisher kaum verfolgt wurde. Diese Studie bietet hier einen ersten vertieften und systematisch differenzierenden empirischen Einblick und setzt wichtige Ansatzpunkte für Folgestudien.

Literatur

Artelt, C., McElvany, N., Christmann, U., Richter, T., Groeben, N., Köster, J., Schneider, W., Stanat, P., Ostermeier, C., Schiefele, U., Valtin, R., & Ring, K. (2005). Expertise – Förderung von Lesekompetenz (Unveränderter Nachdruck, Bd. 17). BMBF, Referat Publikationen, Internetredaktion. Berlin, Bonn.

Hackemann, T., Heine, L., & Höttecke, D. (2022). Challenging to Read, Easy to Comprehend? Effects of Linguistic Demands on Secondary Students' Text Comprehension in Physics. International Journal of Science and Mathematics Education, 20(1), 43–68.

Härtig, H., Fraser, N., Bernholt, S., & Retelsdorf, J. (2019). Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 273–287.

Kultusministerkonferenz. (2020). Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.)

Lenhard, W. (2013). Leseverständnis und Lesekompetenz (1. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2014). Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. (4. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Regina Schauer[1]
Rebecca Möller[1]
Markus Feser[1]
Jule Böhmer[1]
Hanne Brandt[1]
Ingrid Gogolin[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Energiewissen durch sprachexpliziten Physikunterricht fördern

Fachliches und sprachliches Lernen

In urbanen Räumen steigt kontinuierlich der Anteil einer sprachlich heterogenen Schülerschaft, die eine breite Mehrsprachigkeit in der Schülerschaft versammelt (Becker-Mrotzek & Woerfel, 2020). Diese umfasst ein breites Spektrum von Spracherfahrungen, von Monolingualität in einer anderen Sprache als Deutsch bis zur entfalteten Literalität im Deutschen und in einer oder mehreren Herkunftssprachen. Für eine sprachlich diverse Schülerschaft ist eine systematische sprachliche Unterstützung erforderlich. Dies bedeutet, dass Sprachbildung eine zentrale Aufgabe aller Fächer darstellt. Dabei ist es das Ziel, Schüler:innen so zu unterstützen, dass diese fachliche Inhalte sprachlich durchdringen, bildungssprachliche Fertigkeiten ausbauen und die ihnen gestellten Aufgaben im Unterricht sukzessive selbstständig bewältigen. Nur in wenigen Studien wird bislang untersucht, inwiefern sprachsensibler oder sprachexpliziter Unterricht die Aneignung von fachlichen Unterrichtsinhalten unterstützt. Studien deuten auf positive Effekte sprachsensibler Unterrichtsgestaltung auf fachliche Kompetenzentwicklung von mehrsprachig aufwachsenden Schüler:innen. Forey & Cheung (2019) zeigen, dass sich nach schulweiter Einführung sprachsensibler Unterrichtsstrategien die Leistungen in verschiedenen Domänen (Mathematik, Physical Education, Englisch) der überwiegend mehrsprachigen Schülerschaft innerhalb kurzer Zeit stark verbesserte. Für den deutschsprachigen Raum zeigt eine Interventionsstudie (N = 72), dass mehrsprachige Schüler:innen mit unterdurchschnittlichen Deutsch- und Mathematikleistungen durch sprachsensible Unterrichtsgestaltung mit Scaffolding stärkere Leistungszuwächse in Mathematik erzielten (d = 1.22) als solche, die an herkömmlichem Unterricht teilnahmen (d = 0.42) (Prediger & Wessel 2013). Weitere Studien zeigen, dass das erfolgreiche Lernen von Fachinhalten stark von sprachlichen Kompetenzen abhängt, insbesondere von der Beherrschung von Bildungssprache (Cummins, 2000; Gogolin & Lange 2011). Somit ist die Sprachkompetenz eine wichtige Voraussetzung für fachlichen Lernerfolg und dies gilt sowohl für mehrsprachige als auch für deutsch-einsprachige Schüler:innen (Prediger, 2016). Bisherige Forschung zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen fachlichem Lernerfolg und sprachlichen Fähigkeiten. Offen bleibt, ob und unter welchen Bedingungen Lehr-Lernformate mit besonderem Fokus auf Sprache eine Wirkung auf fachlichen Lernerfolg in heterogenen Lerngruppen haben.

Projekt „Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität“ (PhyDiv)

Um herauszufinden ob und welche Aspekte einer Sprachförderung im Fachunterricht Physik den fachlichen Lernerfolg von Schüler:innen unterstützen, wird im Projekt PhyDiv eine Interventionsstudie an Hamburger Schulen durchgeführt. Dafür wurde einerseits ein sprachexpliziter Physikunterricht für das Thema Energie konzipiert, der sowohl fachliches als auch sprachliches Lernen systematisch miteinander verbindet, sowie ein Kontrollunterricht ohne sprachliche Unterstützung (Schauer, Möller, Böhmer, Brandt & Höttecke, 2022). Die Lernwirkung von sprachexplizitem Physikunterricht wird mit der Lernwirkung des Kontrollunterrichts im Rahmen eines Pre-Post-Follow-up-Designs mit drei Messzeitpunkten

untersucht. Bisher wurden beide Unterrichtsvarianten in fünf Schulen und insgesamt 25 Klassen der Jahrgangstufen 9/10 durchgeführt. Die bisherige Stichprobengröße beträgt N = 342.

Entwicklung eines Testinstrumentes – „Recycling“

Die Lernwirkung vom sprachexpliziten Unterricht und dem Kontrollunterricht wird mittels eines Fachwissenstest erfasst. Ziel des Fachwissenstests ist das Diagnostizieren des konzeptuellen Verständnisses von Energie. Um zeitökonomisch ein Testinstrument zu erhalten, wurde von einer Entwicklung eines vollständig neuen Testinstruments abgesehen und anstelle bereits bestehende Testinstrumente „recycled“. Dabei wurden adaptierte Aufgaben von Viering (2012), Michel (2014) und Schmidt (2008) verwendet, die sprachlich überarbeitet wurden, um eine Abhängigkeit der Lösungswahrscheinlichkeit von der Sprachkompetenz zu vermeiden. Für die Unterkonzepte Energieformen und Energietransport wurden neue Aufgaben generiert, da für diese keine bereits bestehenden Aufgaben zu Verfügung standen.

Überprüfung des Testinstrumentes mittels IRT-Analyse

Das Testinstrument (Multiple-Choice Test) wurde in verschiedenen Pilotstudien evaluiert. Die erste Pilotierung diente zur Reduktion der Aufgaben mittels IRT-Analyse (von 60 auf 29 Aufgaben). Dabei wurden als Auswahlkriterien die Infit/Outfit-Werte (0,8-1,2), die Itemschwierigkeit, die Anwählhäufigkeit der Distraktoren (>5%) und die Punkt-Biseriale-Korrelation angesetzt. Um eine gute Passung vom Testinstrument zum Unterricht zu erhalten, wurden einige Aufgaben modifiziert und diese in einer Nachpilotierung erneut getestet. Dies führte zu einem Testinstrument aus 25 Aufgaben für die Hauptstudie, deren psychometrische Qualität erneut überprüft wurden. Bei der Pilotierung als auch bei der Hauptstudie ergab die IRT-Analyse eine bessere Passung zu einem zwei-parametrigen Birnbaum Modell (2PL) als zu einem ein-parametrigen Modell (1PL) (Tab.1). Dies bestätigte der Likelihood-Quotienten Test (1PL= -5203.861; 2PL= -5169.624) als auch der AIC (1PL=10453.72; 2PL= 10427.25). Die Reliabilität von 0.718 beim 2 PL-Modell ist verglichen mit anderen Instrumenten (Berger, Kulgemeyer & Lensing 2019, Schubatzky, Wackermann, Wöhlke, Haagen-Schützenhöfer, Jedamski, Lindemann & Cardinal 2023) zufriedenstellend.

	EAP Reliabilität	
	1 PL	**2 PL**
Pilot 1 (60 Aufgaben)	0.769	0.834
Nachpilotierung (29 Aufgaben)	0.403	0.668
Hauptstudie (25 Aufgaben)	0.662	0.722
Hauptstudie (22 Aufgaben)	0.68	0.718

Tab.1: Passung der unterschiedlichen Datensätze zu 1PL und 2PL-Modellen nach IRT-Analysen.

Die Itemschwierigkeiten decken einen Bereich von -1.75 und 1,34 ab, so dass das Testinstrument über eine gute Streuung der Aufgabenschwierigkeit passend zur Stichprobe verfügt. Prozent-Korrekt-Werte bewegen sich dabei zwischen 0,2 und 0,8.

Das 2PL-Modell, das für unsere Daten zu einer besseren Passung führt, ist im Vergleich zum 1PL-Modell flexibler. Die Steigung (α=1) und damit die Trennschärfe werden nicht über alle Aufgaben fixiert. Im 2-PL-Modell dürfen sich die Steigungen also unterscheiden. Dadurch

wird die spezifische Objektivität aufgegeben, so dass eine klare Unterscheidung und somit eine Trennung von Personen mit einer hohen Fähigkeit (ϑ) von Personen mit einer geringen Fähigkeit nicht mehr gegeben ist (Strobl 2012).

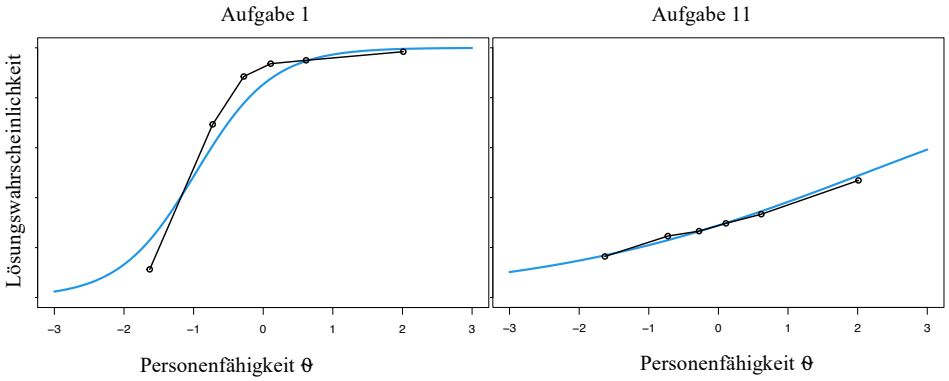


Abb.1: Beispiele für ICC von Aufgaben mit hoher (links) und niedriger (rechts) Trennschärfe.

Bei unserem Testinstrument weisen die Aufgaben mit einer geringen Schwierigkeit Trennschärfen von $\alpha \geq 1$ auf, und nur die mittelschweren und schweren Aufgaben weisen eine geringere Trennschärfe ($\alpha < 1$) auf (Abb.1, Aufgabe 1: $\alpha = 1{,}8$; Aufgabe 11: $\alpha = 0{,}4$). Um schwerere Aufgaben zu lösen, müssen Schüler:innen ihr erworbenes Wissen von mehreren Unterkonzepten (Energieform, -transport, -entwertung) koordinieren. Sobald also eines der Unterkonzept nicht verstanden wurde, sinkt die Lösungshäufigkeit auch bei Personen mit hoher Fähigkeit. Dadurch ergeben sich geringere Trennschärfen für komplexere Aufgaben, die eine Unterscheidung von Personen mit hohen Fähigkeiten und geringen Fähigkeiten erschweren. Bei unterschiedlich komplexen Aufgaben ist somit das 2PL-Modell, das unterschiedliche Trennschärfen zulässt, angemessener als die strenge Forderung nach konstantem α. Durch das „recyclen“ von bereits bestehenden Aufgaben setzt sich unser Testinstrument aus unterschiedlich komplexen Aufgaben zusammen. Beim „Recycling“ von Testaufgaben kann das flexiblere 2PL-Modell für die Analyse der Daten besser geeignet sein und wie in unserem Fall zu einer höheren Reliabilität des Testinstrumentes beiträgt.

Ausblick

Die Lernwirksamkeit vom sprachexpliziten Physikunterricht wird durch den Vergleich der Personenfähigkeit über mehrere Zeitpunkte mittels eines 2PL-Modell analysiert. Differenzielle Effekte auf Subgruppen (Sprachkompetenz, einsprachig vs. mehrsprachig) werden berücksichtigt. Der Nachweis einer höheren Lernwirksamkeit durch den sprachexpliziten Unterricht erlaubt eine differenzielle Analyse von den entstandenen videographischen Aufzeichnungen, um Lehr-und Lernformate zu identifizieren, die fachliches Lernen durch sprachliche Förderung in heterogene Gruppen bewirken.

Diese Arbeit wird von der DFG (Projektnummer 445350182) gefördert.

Literatur

Becker-Mrotzek, M., & Woerfel, T. (2020). Sprachsensibler Unterricht und Deutsch als Zweitsprache als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: C. Cramer et al. (Hrsg.), Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Stuttgart: UTB, 98–104

Berger, R., Kulgemeyer, C., & Lensing, P. (2019). Ein Multiple-Choice-Test zum konzeptuellen Verständnis der Kraftwirkung auf Ladungsträger in statischen elektrischen und magnetischen Feldern. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 197–210.

Cummins, J. (2000). Language, power and pedagogy. Clevedon: Multilingual Matters

Forey, G & Cheung, L.M.E. (2019). The benefits of explicit teaching of language for curriculum learning in the physical education classroom. English for specific purposes. 54, 91-109

Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. Wiesbaden: VS Verlag. 107-127

Michel, H. & Neumann, I. (2016). Nature of Science and Science Content Learning: The Relation between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning about the Concept of Energy. Science & Education, 25(9-10), 951-975

Prediger, S. (2016): Wer kann es auch erklären? Sprachliche Lernziele identifizieren und verfolgen. In: Mathematik differenziert 7 (2), 6–9.

Prediger, S. & Wessel, L. (2013). Fostering German language learners' constructions of meanings for fractions – Design and effects of a language- and mathematics-integrated intervention. Mathematics Education Research Journal 25(3), 435-456

Schauer, R., Möller R., Böhmer J., Brandt, H. & Höttecke, D. (2022). „Energie“ – Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht. In: H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Essen: GDCP, 957-960

Schmidt, M. (2008). Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I - Entwicklung und Erprobung eines Testinventars. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen**,** Band 87. Berlin: Logos.

Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Jedamski, M., Lindemann, H.K. & Cardinal, K. (2023). Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 29(10), 1-23.

Strobl, C. (2012). Das Rasch-Modell – Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis. München und Mering: Rainer Hampp Verlag

Viering, T.A. (2012). Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I - Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 138. Berlin: Logos.

Marcus Schiolko[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Mathias Ropohl[1]

Entwicklung einer Wissenslandkarte als Ausgangspunkt von kohärenter Chemieunterrichtsplanung

Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Bisherige Untersuchungen zur professionellen Kompetenz von angehenden Lehrkräften haben hauptsächlich die Unterrichtsdurchführung fokussiert, während die Unterrichtsplanung bisher weniger betont wurde (König & Rothland, 2022). Durch die gedankliche Antizipation des durchzuführenden Unterrichts determiniert die Unterrichtsplanung die Unterrichtsqualität und den -erfolg (Tebrügge, 2001; Wengert, 1989). Daher ist das Planen von Unterricht eine wichtige berufliche Anforderung und bereits im Studium Teil des Curriculums (KMK, 2004, 2019).

Angehenden Lehrkräften gelingt es selten im Planungsprozess Verknüpfungen zwischen verschiedenen Planungsentscheidungen und damit inhaltliche Kohärenz von Unterricht herzustellen (Gassmann, 2013; Kirsch, 2022). Die Planungen sind geprägt von linearen nicht zusammenhängenden Entscheidungen (Westerman, 1991). In Bezug auf den Fachinhalt zeigt sich in den Unterrichtsplanungen, dass die zentralen Ideen eines Themas selten mit anderen zentralen Ideen verknüpft werden (Park & Chen, 2012). Der Fokus liegt in der Sicherungsphase auf den erarbeiteten Ideen der vorliegenden Lerngelegenheit (Beyer & Davis, 2012; Weitzel & Blank, 2020).

Für den amerikanischen Raum wurden visuelle Repräsentationen fachinhaltlicher Konzepte, sogenannte Wissenslandkarten, entworfen. Diese ermöglichen eine visuelle Darstellung zum sachlogischen Aufbau von Konzepten sowie deren Weiterentwicklung und Fortführung über verschiedene Schulstufen. Grundlegende Wissensbausteine dienen als strukturierte normative Elemente, die die zentralen Ideen eines Konzeptes konkretisieren. Ziel solcher Landkarten ist das Herausarbeiten der Vernetzung von Wissen (AAAS, 2001, 2007). Lehrkräfte können solche Landkarten für die Unterrichtsplanung nutzen, indem sie das benötigte Vorwissen der Lernenden ableiten und vorausplanen, welches Wissen prospektiv thematisiert wird.

Bestehende Wissenslandkarten aus dem amerikanischen Raum sind allerdings zu inkonsistent zu den normativen Vorgaben, wie etwa den nationalen Bildungsstandards (KMK, 2020) in Deutschland. Im deutschsprachigen Raum werden Bildungsziele der naturwissenschaftlichen Fächer anhand von Basiskonzepten organisiert, die nicht der Aufteilung der Wissenslandkarten in den USA entsprechen. Sowohl die Wissenslandkarten als auch die Basiskonzepte sind in Projekten zu Learning Progressions für den deutschsprachigen Raum aufgegriffen worden (Celik, 2022; Demuth et al., 2005; Weber, 2018). Wissenslandkarten bieten somit als Werkzeug in der Lehrkräftebildung das noch ungenutzte Potential die Unterrichtsplanung von angehenden Lehrkräften vorzuentlasten, indem sie mithilfe der Wissenslandkarte im Planungsprozess qualifiziert werden, sowohl einzelne Planungsentscheidungen als auch Fachinhalte zu verknüpfen. Daher bedarf es zunächst der validen Erstellung einer Wissenslandkarte gemäß den normativen Vorgaben für den deutschsprachigen Raum, die dann als Werkzeug in der Unterrichtsplanung eingesetzt werden kann. Vor diesem Hintergrund lautet die Forschungsfrage, inwiefern wird das Basiskonzept chemische Reaktion mithilfe einer Wissenslandkarte von Expert:innen als valide eingeschätzt.

Methodik

Bei der Adaption der Wissenslandkarte zum Basiskonzept chemische Reaktion sind in der ersten Phase (s. Abb. 1) relevante nationale wie internationale Quellen für das Basiskonzept chemische Reaktion einbezogen worden, um auf einer normativen Ebene die zentralen Ideen bzw. Konzepte festzulegen. Die Grundstruktur der Wissenslandkarte wurde mithilfe der nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie und der Kernlehrpläne aller Schulformen aus NRW für das Fach Chemie erstellt (KMK, 2005; MSB, 2022). Anschließend wurde die Wissenslandkarte anhand bestehender Wissenslandkarten und Veröffentlichungen zum Basiskonzept chemische Reaktion erweitert (AAAS, 2001, 2007; Gillespie, 1997). Um weitere inhaltliche Bezüge zwischen den Wissensbausteinen zu identifizieren, sind Befunde empirischer Forschung zu Verknüpfungen zwischen Konzepten auf die Wissenslandkarten übertragen worden (Celik, 2022; Weber, 2018).

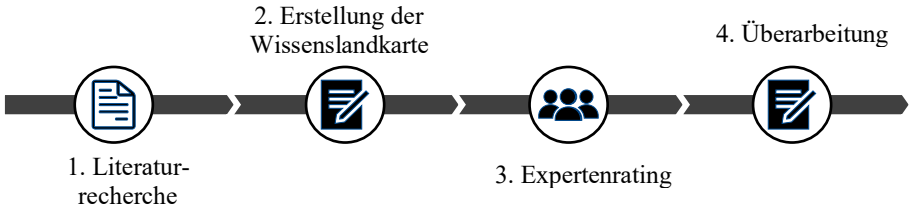


Abbildung 1: Darstellung der einzelnen methodischen Phasen zur Erstellung und Validierung der Wissenslandkarte

Ergebnis der zweiten Phase (s. Abb. 1) ist eine Wissenslandkarte mit 24 Wissensbausteinen, die mit 43 Verknüpfungen miteinander verbunden sind. Außerdem enthält die Karte 5 Verweise zu anderen Basiskonzepten.

Darauf aufbauend wurde in der dritten Phase (s. Abb. 1) eine schriftliche anonyme online Experten:innenbefragung (N = 13) durchgeführt. Die Expertengruppe setzte sich aus Professoren:innen, Fachleiter:innen und Lehrkräften mit mehrjähriger Berufserfahrung zusammen. Den Experten:innen wurden zu allen zentralen Ideen der Wissenslandkarten die gleichen vier Leitfragen gestellt. Wurde eine Frage verneint, wurde um eine Begründung gebeten, damit die Einwände bei der Auswertung nachvollzogen werden können. Die vier Leitfragen deckten die folgenden vier Aspekte ab: (1) Eignung, (2) Formulierung, (3) Zuordnung und (4) Verknüpfungen. Die Daten aus der Experten:innenbefragung wurden sowohl quantitativ als auch qualitativ ausgewertet. Für den quantitativen Ansatz wurde zum einen das Übereinstimmungsmaß Fleiss-Kappa (κ) für die Antworten der Experten:innen herangezogen und zum anderen zur Beurteilung der Häufigkeit von Verneinungen hinsichtlich der vier Aspekte eine Grenzwertbestimmung durchgeführt. Die qualitative Auswertung der schriftlichen Rückmeldungen erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse. Das Kategoriensystem für die inhaltliche Analyse wurde in einem induktiven Verfahren erstellt und zusätzlich von einem geschulten Zweitkodierer ausgewertet. Als Übereinstimmungsmaß für die Doppelkodierung wurde die Interrater-Reliabilität Cohens Kappa (κ) herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die berechneten Fleiss-Kappa-Werte über alle Antworten waren sowohl für die Gesamtstichprobe ($\kappa = .06$) als auch für die einzelnen Expertengruppen ($-.03 \leq \kappa \leq .14$) gering bis unzureichend und damit nicht zufriedenstellend. Auch die separate Berechnung aufgeteilt

in die vier Bereiche zeigte für die Fleiss-Kappa-Werte – sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die einzelnen Expert:innengruppen – keine besseren Übereinstimmungen. Dies ist mit Blick auf die Forschungsfrage allerdings kein Indiz für keine Validität. Mögliche Gründe für das Ergebnis sind eine zu hohe Sensitivität des statistischen Maßes, zu unpräzise Instruktionen für die Experten:innen, die kleinschrittige Befragung oder das Planen in nur einem Basiskonzept als Hindernis.
Die berechneten Kappa-Werte zur Überprüfung der Interrater-Reliabilität zur inhaltlichen Analyse der Experten:innenrückmeldungen ($.78 \leq \kappa \leq .98$) sind zufriedenstellend. Ferner zeigen die qualitativen Rückmeldungen zur Eignung der Wissensbausteine für das Basiskonzept nach der Überprüfung eine hohe Akzeptanz auf. Viele Begründungen zur angekreuzten Ablehnung in Bezug auf die Eignung des Wissensbausteins bezogen sich inhaltlich nicht auf eine Ablehnung als solche, sondern vielmehr auf eine Verbesserung hinsichtlich von Begrifflichkeiten oder Formulierungsaspekten innerhalb der Wissensbausteine. Daher konnten von 19,8 % der Verneinungen für den Bereich der Eignung 93,9 % mithilfe der begründeten Rückmeldung als irrelevant identifiziert werden, sodass insgesamt lediglich 1,2% der Verneinungen zutreffen. Jedoch erscheinen die Verknüpfungen zwischen den Wissensbausteinen und die Formulierungen für die Wissensbausteine unterschiedlichen Vorstellungen zu unterliegen und ein Konsens über viele Experten:innen hinweg sich daher schwer zu erreichen, wie es bereits auch das Fleiss-Kappe gezeigt hat.
In der vierten Phase (s. Abb. 1) wurde auf der Grundlage des Experten:innenratings die erstellte Wissenslandkarte überarbeitet. Es wurden fünfzehn Wissensbausteine angepasst, vier weitere Verweise zu anderen Basiskonzepten und dreizehn weitere Verknüpfungen wurden hinzugefügt. Es wurden keine neuen Wissensbausteine erstellt oder anders zugeordnet. Mit Bezug zur Forschungsfrage lässt sich festhalten, dass eine von Experten:innen validierte Wissenslandkarte die Struktur eines Basiskonzepts anhand von zentralen Ideen und deren Progression bzw. Verknüpfungen abbilden lässt.

Ausblick

Im nächsten Schritt wird die Wissenslandkarte mit zu den Bausteinen passenden digitalen Materialen für die Unterrichtsplanung erweitert. Die Materialien lassen sich in vier Kategorien einteilen: (1) detailliertere Ausformulierung der inhaltlichen Dimensionen der Wissensbausteine, (2) Bereitstellung passender Experimente, (3) Entwicklung kognitiv aktivierender Aufgabenformate sowie Testaufgaben zur Lernzielüberprüfung und (4) Erläuterung typischer Lernendenvorstellungen zum Wissensbaustein. Diese Kombination aus Wissenslandkarte und passenden Materialen wird im zweiten Meilenstein des Vorhabens im Rahmen einer Interventionsstudie bei angehenden Chemielehrkräften eingesetzt. Es wird untersucht, ob die schriftlichen Planungen der angehenden Chemielehrkräfte bei der kombinierten Nutzung der Wissenslandkarte mit den dazugehörigen Materialien die aufgeworfenen Schwierigkeiten adressieren und die angehenden Chemielehrkräfte damit zu kohärenteren Unterrichtsplanungen kommen.

Literatur

American Association for the Advancement of Science. (2001). *Atlas of science literacy. Volume 1.* American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association.

American Association for the Advancement of Science. (2007). *Atlas of science literacy. Volume 2.* American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association.

Beyer, C. J. & Davis, E. A. (2012). Learning to critique and adapt science curriculum materials: Examining the development of preservice elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, *96*(1), 130–157. https://doi.org/10.1002/sce.20466

Celik, K. N. (2022). *Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I: Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte "Struktur der Materie", "Chemische Reaktion" und "Energie" im Kompetenzbereich "Umgang mit Fachwissen"*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 325*. Logos Verlag Berlin. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832584382

Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte - eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *CHEMKON*, *12*(2), 55–60. https://doi.org/10.1002/ckon.200510021

Gassmann, C. (2013). *Erlebte Aufgabenschwierigkeit bei der Unterrichtsplanung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00243-5

Gillespie, R. J. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *74*(7), 862–864. https://doi.org/10.1021/ed074p862

Kirsch, A. (2022). Messung von Unterrichtsplanungskompetenz im Fach Sachunterricht: Empirische Befunde zur Kompetenzentwicklung angehender Grundschullehrkräfte auf Grundlage einer mehrdimensionalen Kompetenzstruktur. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(4), 815–842. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01116-w

KMK. (2004, 2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften.* Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019.

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004.

König, J. & Rothland, M. (2022). Stichwort: Unterrichtsplanungskompetenz. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(4), 771–813. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01107-x

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie*. Frechen: Ritterbach Verlag.

Park, S. & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 922–941. https://doi.org/10.1002/tea.21022

Tebrügge, A. (2001). *Unterrichtsplanung zwischen didaktischen Ansprüchen und alltäglicher Berufsanforderung: Eine empirische Studie zum Planungshandeln von Lehrerinnen und Lehrern in den Fächern Deutsch, Mathematik und Chemie*. Zugl.: Bielefeld, Univ., Diss., 1999. *Europäische Hochschulschriften : Reihe 11, Pädagogik: Bd. 829*. Lang.

Weber, K. (2018). *Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 263*. Logos Verlag Berlin.

Weitzel, H. & Blank, R. (2020). Pedagogical Content Knowledge in Peer Dialogues between Pre-Service Biology Teachers in the Planning of Science Lessons. Results of an Intervention Study. *Journal of Science Teacher Education*, *31*(1), 75–93. https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1664874

Wengert, H. G. (1989). *Untersuchungen zur alltäglichen Unterrichtsplanung von Mathematiklehrern: Eine kognitionspsychologische Studie*. Zugl.: Heidelberg, Univ., Diss., 1988. *Europäische Hochschulschriften Reihe 6, Psychologie: Bd. 275*. Lang.

Westerman, D. A. (1991). Expert and Novice Teacher Decision Making. *Journal of Teacher Education*, *42*(4), 292–305. https://doi.org/10.1177/002248719104200407

Tobias Wyrwich[1]
Knut Neumann[1]
Marcus Kubsch[2]

[1]IPN - Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel
[2]Freie Universität Berlin

Beyond Literacy: Förderung von Agency im Physikunterricht

Die großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts wie z.B. der Klimawandel bringen weitreichende Veränderungen mit sich. Damit Schüler:innen ihre Zukunft in einer sich verändernden Welt aktiv gestalten können, reicht eine naturwissenschaftliche Grundbildung alleine nicht aus. Die Schüler:innen müssen lernen, mit der Komplexität, Volatilität, Ungewissheit und Ambiguität der anstehenden Veränderungen umzugehen (OECD, 2019). Die OECD bezeichnet die Fähigkeit, nicht nur Wissen anzuwenden, sondern auch das gesellschaftliche Leben vor dem Hintergrund der Herausforderungen des 21. Jahrhunderts aktiv (mit-)gestalten zu können, als Agency. Agency zu entwickeln sollte damit ein Ziel des Physik- bzw. Naturwissenschaftsunterrichts sein. Um dieses Ziel zu erreichen benötigen Schüler:innen die Möglichkeit in der Schule das passende Wissen und Fähigkeiten zu erwerben, um sich zu entsprechenden Fragen begründet positionieren zu können. Dies erfordert ein breites Wissen über die Naturwissenschaften hinaus (u.a. auch Wissen über ökonomische oder politische Zusammenhänge) und die Fähigkeit, sich auf Basis dieses Wissens Gestaltungsmöglichkeiten zu erschließen und zu erkennen, wo eigene Handlungsoptionen liegen, um daraufhin fundierte Entscheidungen zu treffen und Handlungen durchzuführen.

Energy Agency Modell

Energie spielt in vielen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts eine Schlüsselrolle, und der Übergang von fossilen Brennstoffen zu sauberen, erneuerbaren Energien stellt selbst eine zentrale Herausforderung dar. Schüler:innen müssen also nicht nur Agency im Allgemeinen, sondern auch ganz speziell Energy Agency entwickeln. D.h. sie müssen lernen, sich auf Basis eines breiten Wissens über physikalische, ökologische, ökonomische oder politische Aspekte der Energiegewinnung und -versorgung, Zugänge zur Versorgung einer immer energiehungrigeren Gesellschaft zu erschließen, verschiedene Handlungsstrategien in diesem Kontext erkennen, bewerten und sich diesbezüglich positionieren zu können um letztendlich begründete Entscheidungen treffen zu können.

Dieser Prozess lässt sich mit dem Entscheidungsfindungsmodell von Kortland (2003) beschreiben, in welchem in sechs Schritten, von der Definition des Problems, über die Auswahl der Lösung bis zum Handeln, die unterschiedlichen Facetten der Entscheidungsfindung beleuchtet werden. Für das Energy Agency Modell haben wir die sechs Schritte in drei Kernaspekte (Problematisierung, Evaluierung und Durchführung) unterteilt und mit den Personeneigenschaften verknüpft, die für die erfolgreiche Bearbeitung der drei Aspekte benötigt werden. Diese drei Aspekte werden im Folgenden näher ausgeführt.

Problematisierung:

Um ein Problem bearbeiten zu können, muss dieses Problem zunächst erkannt und definiert werden, was Teil des wissenschaftlichen Arbeitens ist (Phillips et al., 2017). Beim wissenschaftlichen Problematisieren werden unter anderem eigene Wissenslücken identifiziert und diese Lücken weiter ausgeschärft, um daraus (Forschungs-)fragen abzuleiten (Phillips et al.,

2018). Dieser Prozess des Problematisierens ist nicht geradlinig, sondern durch die Beschäftigung mit der Thematik und dem dazugehörigen Wissenszuwachs kreativ und iterativ, das Problem kann sich verändern und damit auch die Fragen an dieses (z.B. Pham et al., 2023). Watkins et al. (2014) plädieren dafür, auch Schüler:innen diese Art der Problemdefinition beizubringen. Schüler:innen sollen dadurch stärker mit den Problemen und Herausforderungen konfrontiert werden, was zu erhöhter Neugier, Aufmerksamkeit und Interesse führt und die Motivation, das Problem zu lösen positiv beeinflusst (Ko, 2021). Daraus folgt, wie in Abb. 1 zu sehen, dass für die Problematisierung insbesondere Wissen über das Problem notwendig ist, um Lücken und Konflikte zu erkennen und die nötigen Fähigkeiten dieses Wissen zu analysieren und daraus Fragestellungen zu entwickeln.

Evaluierung:
Bei den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts handelt es sich um sogenannte socio-scientific Issues (SSIs). Die Energieversorgung einer Gesellschaft z.B. ist keine rein physikalische Herausforderung, sondern erfordert die Berücksichtigung von Aspekten aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft. Im Bereich der SSIs wird die Lösungsfindung als socio-scientific reasoning (SSR) bezeichnet (Sadler et al., 2007). Hierbei kombinieren die Schüler:innen Scientific Literacy, Nature of Science und Argumentieren miteinander (Cian, 2019), SSR baut damit auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen auf (Heitmann et al., 2014) und kombiniert diese mit sozialen Aspekten. Da die sozialen Aspekte keine eindeutige Lösung zulassen, führt dies dazu, dass SSR, anders als scientific reasoning, nicht rein logikbasiert ist (Simonneaux & Simonneaux, 2009). Die unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten ergeben sich aus verschiedenen Moral- (Sadler & Donnelly, 2006) und Wertevorstellungen (Bögeholz et al., 2018) der Schüler:innen, was zu unterschiedlichen Gewichtungen der Kriterien führt und letztendlich andere Lösungsmöglichkeiten favorisiert. Daraus folgt, wie in Abb. 1 zu sehen, dass für die Evaluierung neben Fachwissen und Fähigkeiten, wie Datenanalyse und Argumentieren, besonders die persönliche Haltung für die Evaluierung der möglichen Lösungen wichtig wird.

Durchführung:
Nachdem eine Lösungsmöglichkeit evaluiert wurde, wird diese idealerweise in Handlung(en) umgesetzt. Ein Bezug zum eigenen Leben erhöht dabei die Umsetzung der erarbeiteten Lösungsmöglichkeit (Birmingham & Calabrese Barton, 2014), aber auch ein generelles Verantwortungsgefühl (Lteif et al., 2023) führt zu einem erhöhten Handlungsdruck. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Schüler:innen sich der potentiellen Risiken oder dem Nutzen des eigenen

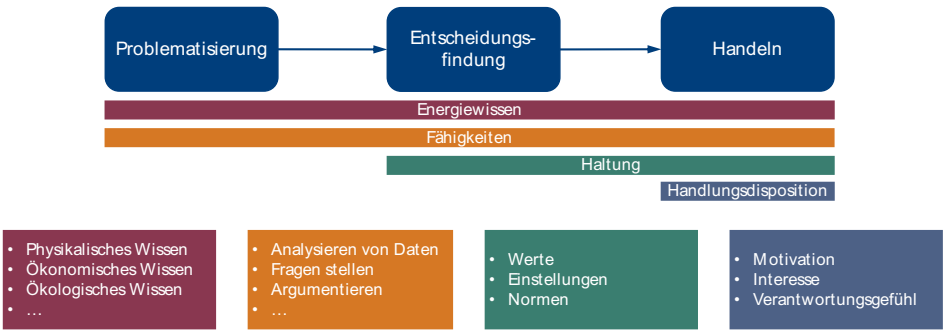


Abb. 1: Ressourcen für Energy Agency, aufgeteilt auf die drei unterschiedlichen Bereiche (Problematisierung, Evaluierung, Durchführung), die Schüler:innen dazu befähigen aktiv Energieproblemen mitzugestalten.

Handelns bewusst sind (De Groot & Steg, 2010). Um in das Handeln überzugehen ist es besonders wichtig, dass Schüler:innen sich persönlich befähigt fühlen, diese Veränderungen auch bewirken zu können (Skamp et al., 2013). Die Kernaspekte dieses „Empowerments […] beinhalten inhaltsspezifisches Wissen und kognitive Fähigkeiten, Motivationsmuster und persönliche Wertvorstellungen“ (übersetzt aus Skamp et al., 2013, p. 192). Das Empowerment verdeutlicht, dass Schüler:innen neben Energiewissen, Fähigkeiten und Haltung, auch ein Interesse an Veränderungen und Verantwortungsgefühl benötigen, um Handlungen durchzuführen, siehe Abb. 1.

Energy Agency im Physikunterricht

Der aktuelle Physikunterricht eröffnet Schüler:innen nur begrenzt Möglichkeiten, Energy Agency zu entwickeln, da er primär auf den Erwerb von fachspezifischem physikalischem Wissen und Fähigkeiten ausgerichtet ist. Um den Erwerb von Energy Agency im Unterricht zu fördern, haben wir am Beispiel der Energiewende eine exemplarische Einheit entwickelt, die die komplexe Thematik der Energiewende auf den Lebenskontext der Schüler:innen herunterbricht und sich mit der Frage der besten Energieversorgung der Schule beschäftigt.

In diesem Kontext erstellen die Schüler:innen zunächst einen Bewertungskatalog, der nicht nur physikalische Größen, wie den Wirkungsgrad, sondern auch ökologische, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigt. Anschließend erfolgt die Erarbeitung von Alternativen, bei der verschiedene Kraftwerkstypen untersucht und anhand des zuvor entwickelten Bewertungskatalogs verglichen werden. Die Schüler:innen verfassen eine Argumentation für ihre favorisierte Lösungsoption, was den Evaluierungsprozess abschließt.

Anschließend können verschiedene Wege beschritten werden, um den letzten Aspekt des Energy Agency Modells, die Durchführung, zu realisieren. Dieser Schritt findet in der Schule selten statt, deswegen möchten wir mehrere Möglichkeiten aufzeigen. Nachdem jede:r eine Argumentation verfasst hat, soll danach eine Klassenlösung erarbeitet werden, die dann in einer Präsentation der Schulleitung vorgestellt wird, um aktiv zu versuchen, die Energieversorgung der Schule zu verändern und zukunftssicher zu machen. Diese Argumentation kann, mit weiteren Recherchen überarbeitet, als Brief an die Stadtverwaltung gesendet werden, um die politische Ebene anzusprechen. Es könnten aber auch Energieversorger, Kraftwerksbetreiber und/oder Politiker:innen zu einer Diskussion eingeladen werden, um über die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen zu sprechen. Zur Vorbereitung können Fragen oder Anregungen vorformuliert werden, um einen Austausch anzustoßen.

Im Kern geht es bei diesen Vorschlägen darum, nicht nur eine Frage zu beantworten, aber mit der Lösung nicht weiterzuarbeiten. Sondern den Schüler:innen Möglichkeiten aufzuzeigen, auf Prozesse einzuwirken und Veränderungen anzustoßen und dies im vertrauten Schulkontext. Hier wollen wir ansetzen und versuchen das Curriculum anders zu denken, um den Schüler:innen mehr Möglichkeiten zu bieten diese Art der Handlungsfähigkeit zu erfahren.

Literatur

Birmingham, D., & Calabrese Barton, A. (2014). Putting on a green carnival: Youth taking educated action on socioscientific issues: PUTTING ON A GREEN CARNIVAL. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(3), 286–314. https://doi.org/10.1002/tea.21127

Bögeholz, S., Hößle, C., Höttecke, D., & Menthe, J. (2018). Bewertungskompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 261–281). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_16

Cian, H. (2019). *Influence of Student Values, Knowledge, and Experience and Socioscientific Topic on Measures of High-School Student Socioscientific Reasoning*. Clemson University.

De Groot, J. I. M., & Steg, L. (2010). Morality and Nuclear Energy: Perceptions of Risks and Benefits, Personal Norms, and Willingness to Take Action Related to Nuclear Energy: Morality and Nuclear Energy. *Risk Analysis*, *30*(9), 1363–1373. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01419.x

Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem–solution. *Design Studies*, *22*(5), 425–437. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6

Frantz, C. M., & Mayer, F. S. (2009). The Emergency of Climate Change: Why Are We Failing to Take Action? *Analyses of Social Issues and Public Policy*, *9*(1), 205–222. https://doi.org/10.1111/j.1530-2415.2009.01180.x

Gresch, H., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, *35*(15), 2587–2607. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789

Heitmann, P., Hecht, M., Schwanewedel, J., & Schipolowski, S. (2014). Students' Argumentative Writing Skills in Science and First-Language Education: Commonalities and differences. *International Journal of Science Education*, *36*(18), 3148–3170. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.962644

Ko, M. M. (2021). Leveraging curricular and students' resources to instigate and sustain problematizing. *Science Education*, *105*(6), 1315–1342. https://doi.org/10.1002/sce.21680

Kortland, J. (2003). Designing and validating a didactical structure for a problem-posing approach to teaching decision making about the waste issue. *ESERA-Konferenz 2003, Noordwijkerhout*.

Lteif, L., Nardini, G., Rank-Christman, T., Block, L., Bublitz, M. G., Catlin, J. R., Cross, S. N. N., Hamby, A., & Peracchio, L. A. (2023). Climate Action Now: How to Fuel a Social Movement. *Journal of Consumer Psychology*, jcpy.1386. https://doi.org/10.1002/jcpy.1386

OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030 OECD Learning Compass 2030*. https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

Pham, C. T. A., Magistretti, S., & Dell'Era, C. (2023). How do you frame ill-defined problems? A study on creative logics in action. *Creativity and Innovation Management*, *32*(3), 493–516. https://doi.org/10.1111/caim.12543

Phillips, A. M., Watkins, J., & Hammer, D. (2017). Problematizing as a scientific endeavor. *Physical Review Physics Education Research*, *13*(2), 020107. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020107

Phillips, A. M., Watkins, J., & Hammer, D. (2018). Beyond "asking questions": Problematizing as a disciplinary activity: PHILLIPS ET AL . *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(7), 982–998. https://doi.org/10.1002/tea.21477

Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, *37*(4), 371–391. https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9

Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, *28*(12), 1463–1488. https://doi.org/10.1080/09500690600708717

Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural Studies of Science Education*, *4*(3), 657–687. https://doi.org/10.1007/s11422-008-9141-x

Skamp, K., Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2013). Beliefs and Willingness to Act About Global Warming: Where to Focus Science Pedagogy?: BELIEFS AND WILLINGNESS TO ACT ABOUT GLOBAL WARMING. *Science Education*, *97*(2), 191–217. https://doi.org/10.1002/sce.21050

Watkins, J., Spencer, K., & Hammer, D. (2014). Examining Young Students' Problem Scoping in Engineering Design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *4*(1). https://doi.org/10.7771/2157-9288.1082

Sonja Dieterich[1]
Stefan Rumann[1]
Marc Rodemer[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Wissen, wie es nicht geht: fehlerhafte Lösungsbeispiele im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

Im Fach Chemie sind Fehler Teil des Lernprozesses, die durch Alltags- oder Schülervorstellungen geprägt sind. Solche Fehler finden sich bei fachlich-komplexen Konzepten, die eine Verknüpfung der makroskopischen und symbolischen Ebene erfordern und dadurch hohe Anforderungen an die Lernenden stellen. Diese hohen Anforderungen in Verbindung mit der Komplexität der Inhaltsbereiche resultieren in einer hohen Anzahl an Schülervorstellungen. Dies ist insbesondere bei dem Konzept der chemischen Bindung der Fall (Barke, 2021; Hunter et al., 2022). Bezugnehmend zum Lernen aus Fehlern konstatieren Oser et al. (1999) mit ihrer Theorie des negativen Wissens eine Lernförderlichkeit ausgehend von Fehlern, um negatives Wissen zu generieren. Dabei dienen Fehler beim Erwerb des negativen Wissens als Demonstrationsmittel, wie etwas nicht ist oder nicht funktioniert (Oser et al., 1999; Oser et al., 2012). Durch die Demonstration des Falschen wird das Richtige gefestigt und das Falsche verhindert, ohne diese Fehler selbst zu produzieren, da aus Fehlern anderer gelernt wird (Oser et al., 1999; Oser et al., 2012).

Ein möglicher Ansatz aus der Instruktionspsychologie zur Berücksichtigung von Fehlern im Lernmaterial ist die Verwendung von Lösungsbeispielen. Lösungsbeispiele sind eine Lernmethode, welche auf der Cognitive Load Theory (siehe Sweller et al., 2019) basieren, und zeichnen sich durch eine schrittweise Darstellung einer Problem- oder Aufgabenlösung aus (Ayres, 2012; Renkl, 2014). Das schrittweise Lernen mit Lösungseispielen sorgt für eine geringere kognitive Belastung, wodurch Lösungsbeispiele besonders für Novizen vorteilhaft sind. Im Gegensatz zu ausschließlich richtigen Lösungsbeispielen enthalten fehlerhafte Lösungsbeispiele Hinweise auf fehlerhafte Aufgaben- oder Lösungsschritte. Fehlerhafte Lösungsbeispiele wurden u.a. in der Mathematik oder der Medizin eingesetzt und erwiesen sich dort als lernförderlich (Renkl, 2014; Schworm & Renkl, 2007; van Gog & Rummel, 2010). Uneindeutig bleibt jedoch, unter welchen Bedingungen fehlerhafte Lösungsbeispiele erfolgreich eingesetzt werden, wenn Schülervorstellungen während der Instruktion antizipiert werden.

Ein eigenes systematisches Literaturreview konnte bei 25 von den insgesamt 36 inkludierten Studien zeigen, dass die Implementierung von fehlerhaften Lösungsbeispielen in Instruktionsmaterialen lernförderlich ist. Dabei wird deutlich, dass zum einen fehlerhafte Lösungsbeispiele alleine (Adams et al., 2014; Chang et al., 2002; Durkin & Rittle-Johnson, 2012), aber auch die Kombination von richtigen und fehlerhaften Lösungsbeispielen (Booth et al., 2013; Corral & Carpenter, 2020; Loibl & Leuders, 2018, 2019) lernförderlich sind. Faktoren wie Vorwissen und kognitive Belastung beeinflussen dabei die Lernförderlichkeit. Hierbei sind allerdings starke Abhängigkeiten von dem zu erlernenden, domänenspezifischen Lerngegenstand in Verbindung mit der Fehlerinstruktion im Lernmaterial vorzufinden. Sowohl für das Vorwissen als auch für die kognitive Belastung liegen in der Literatur uneindeutige Ergebnisse vor. Bezüglich des Vorwissens kann hohes als auch niedriges Vorwissen beim Lernen mit fehlerhaften Lösungsbeispielen lernförderlich sein (z.B. Barbieri

& Booth, 2020; Heemsoth & Heinze, 2014). Ähnliches gilt auch für die kognitive Belastung: Erhöhung als auch Erniedrigung sind in der Literatur vorzufinden (z.B. Kopp et al., 2009; Stark et al., 2009). Des Weiteren wurde gezeigt, dass die Lernförderlichkeit stark von der Fehlerinstruktion und somit vom Instruktionsmaterial und dessen Aufgaben abhängt. Obwohl der Instruktionsansatz der fehlerhaften Lösungsbeispiele im Vergleich zu klassischen, korrekten Lösungsbeispielen vielversprechend erscheint, liegen für die komplexe Domäne der Chemie bisher keine systematischen empirischen Untersuchungen vor.

Zielsetzung

Die Zielsetzung der Studie ist es, den Einfluss einer Instruktion auf Basis von richtigen (CorrEx), fehlerhaften (ErrEx), und einer Kombination beider Lösungsbeispiele (CorrEx+ErrEx) auf den Lernzuwachs und die kognitive Belastung am Beispiel der chemischen Bindung zu untersuchen. Zudem sollen die Lernvoraussetzungen (niedriges vs. hohes Vorwissen) und die kognitiven Aufgabenformate (Reproduktion vs. Transfer) in Bezug zur Lernförderlichkeit erforscht werden. Die Studie folgt den folgenden vier Forschungsfragen:

FF1: Welche Bedingung zeigt den größten Effekt auf den Lernzuwachs?
FF2: Wie unterscheiden sich die unterschiedlichen Bedingungen in der kognitiven Belastung?
FF3: Inwiefern beeinflusst Vorwissen den Lernzuwachs in den Bedingungen?
FF4: Welche kognitiven Aufgabenformate werden durch die Bedingungen gefördert?

Methode

Die Studie wurde an drei unterschiedlichen Schulen im Ruhrgebiet mit insgesamt $N = 233$ Schüler*innen ($M_{Alter} = 14.17$ Jahre) durchgeführt. In einem klassenweise randomisierten Prä-/Post-Interventionsdesign wurden drei Bedingungen entwickelt, die entweder richtige, fehlerhafte und eine Kombination beider Lösungsbeispiele in Erklärvideos zeigten. Jede Bedingung erhielt drei Erklärvideos innerhalb von drei Interventionsstunden. Die aufeinanderfolgenden Erklärvideos folgten denselben Gestaltungsprinzipien, unterschieden sich allerdings in den jeweiligen Lerngegenständen in Bezug zum Inhaltsbereich der chemischen Bindung. Alle Bedingungen bearbeiteten den identischen Prä- und Post-Test und das identische Instruktionsmaterial. Nach der Betrachtung des Erklärvideos wurde die kognitive Belastung gemessen (Krieglstein et al., 2023). Im Anschluss erfolgte die Bearbeitung von drei Aufgaben, welche die Erinnerungsleistung, das unmittelbare Verständnis (Reproduktion) und die Transferleistung in offenem Aufgabenformat testeten. Die eingesetzten Testinstrumente wiesen hohe Reliabilitäten auf (α(Prätest) = .81, α(Posttest) = .89, α_m(ECL/ICL/GCL) = .68 - .89). Aufgrund der Datenstruktur (Schüler*innen genestet in Klassen) wurde ein mehrebenenanalytischer Ansatz bei der Analyse der Lernzuwächse verfolgt, um den Anteil der Varianz, die auf die Klasse zurückfällt, zu reduzieren. Im Falle der kognitiven Belastung wurden ANOVAs mit anschließenden Paarvergleichen und Bonferroni-Korrektur berechnet.

Ergebnisse

Die Auswertung zeigt, dass Lösungsbeispiele grundsätzlich für alle Bedingungen lernförderlich sind, da signifikante Zuwächse im Fachwissen über alle Bedingungen vorliegen ($t = 9.84$, 95 % CI [.07, .11]). Zwischen CorrEx und ErrEx ($t = -0.86$, 95 % CI [-.21, .09]) als auch der Kombination CorrEx+ErrEx ($t = 1.84$, 95 % CI [-.02, .27]) lagen jedoch keine signifikanten Unterschiede im Lernzuwachs vor. Eine Analyse der Intraklassenkorrelation

weist darauf hin, dass 34 % der Gesamtvarianz auf Schwankungen des Vorwissens zwischen Schulklassen zurückzuführen ist, weswegen die Generalisierung der Ergebnisse aufgrund der Randomisierung der Treatments auf Klassenebene limitiert werden.
Die Analysen zur kognitiven Belastung verdeutlichen signifikante Unterschiede der drei Typen der kognitiven Belastung zwischen den Bedingungen, ECL: $F(2, 221) = 9.41$, $p < .001$, ICL: $F(2, 221) = 24.72$, $p < .001$, GCL: $F(2, 221) = 6.23$, $p < .01$.
In Bezug auf ECL zeigen Paarvergleiche keine signifikanten Unterschiede zwischen CorrEx ($M = 3.24$) und ErrEx (M = 3.22), $p = 1.0$, aber zwischen CorrEx und CorrEx+ErrEx ($M = 2.6$) mit $p > .001$ und zwischen ErrEx und CorrEx+ErrEx mit $p < .001$, sodass Lernende der CorrEx+ErrEx die niedrigste extrinsische kognitive Belastung aufwiesen.
Die Kombibedingung hat ebenfalls im Vergleich zu den anderen Bedingungen die geringste intrinsische kognitive Belastung. Paarvergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen CorrEx ($M = 3.68$) und ErrEx ($M = 3.69$), $p = 1.0$, aber zwischen CorrEx und CorrEx+ErrEx ($M = 2.79$) mit $p < .001$ und zwischen ErrEx und CorrEx+ErrEx mit je $p < .001$.
Im Vergleich zu den anderen Bedingungen hat die Kombibedingung den höchsten Germane Cognitive Load. Paarvergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen CorrEx ($M = 3.88$) und ErrEx ($M = 4.01$), $p = 1.0$, aber zwischen CorrEx und CorrEx+ErrEx ($M = 4.32$) mit $p > .001$ und zwischen ErrEx und CorrEx+ErrEx mit $p > .01$.

Ausblick und Diskussion

Insgesamt profitierten Schüler*innen von Lernvideos mit Lösungsbeispielen zum Thema chemische Bindung, jedoch ohne Unterschiede zwischen den Bedingungen. Der Lernzuwachs bei richtigen Lösungsbeispielen steht im Einklang mit bisherigen Befunden aus diesem Bereich (Renkl, 2014). Die fehlerhaften Lösungsbeispiele führen möglicherweise zu einer Vorwissensaktivierung und Reflexion des Fehlers, die zur richtigen Erklärung führt. Die Reduktion der kognitiven Belastung (ECL/ICL) und Steigerung der lernbezogenen Belastung (GCL) in der Kombinationsbedingung CorrEx+ErrEx kann auf die explizite Gegenüberstellung von positivem und negativem Wissen zurückzuführen sein, da Informationen so expliziter verfügbar gemacht wurden als in den beiden anderen Bedingungen.
Anhand der Ergebnisse der Studie kann geschlussfolgert werden, dass Optimierungsbedarf der Methode besteht. Um die hohe Streuung von Vorwissen zwischen Bedingungen zu vermeiden, sollte eine Randomisierung innerhalb statt zwischen Klassen erfolgen. Zudem sollten die Lernmaterialien aus der Instruktion mehr bedingungsspezifische Aufgaben enthalten und in den einzelnen Anschlussaufgaben nach dem Video mehr fehlerspezifische Aufgaben (z.B. Fehler erklären und korrigieren) enthalten. Bezugnehmend auf die Überarbeitung der Lernmaterialien sollen bei der Bedingung ErrEx und der Kombibedingung CorrEx+ErrEx die Fehler in Form von literaturbasierten Schülervorstellungen als auch aus dieser Studie generierten Fehler in die Aufgaben integriert werden. Dadurch soll eine Auseinandersetzung mit Fehlern über die Erklärvideos hinaus und folglich während der gesamten Intervention erfolgen. Für die Bedingung CorrEx soll eine andere Aufgabenstellung im Sinne einer Kontrollgruppe, die nicht explizit auf Fehler Bezug nimmt, eingesetzt werden. Der Optimierungsansatz soll dazu führen, die lernförderlichen Effekte der drei Bedingungen differenzierter darzustellen. Des Weiteren steht die Auswertung der FF3 und FF4 und der offenen Aufgaben noch aus, sodass zukünftig untersucht wird, ob eher Schüler*innen mit viel oder wenig Vorwissen von der Instruktion mit fehlerhaften Lösungsbeispielen profitieren.

Literatur

Adams, D. M., McLaren, B. M., Durkin, K., Mayer, R. E., Rittle-Johnson, B., Isotani, S. & van Velsen, M. (2014). Using erroneous examples to improve mathematics learning with a web-based tutoring system. *Computers in Human Behavior*, *36*, 401–411. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.053

Ayres, P. (2012). Worked Example Effect. In N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (Bd. 95, S. 3467–3471). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_20

Barbieri, C. A. & Booth, J. L. (2020). Mistakes on display: Incorrect examples refine equation solving and algebraic feature knowledge. *Applied Cognitive Psychology*, *34*(4), 862–878. https://doi.org/10.1002/acp.3663

Barke, H.-D. (2021). Binding and electron pair – two binding models for chemistry lessons. *CHEMKON*, *28*(8), 336–340. https://doi.org/10.1002/ckon.202000018

Booth, J. L., Lange, K. E., Koedinger, K. R. & Newton, K. J. (2013). Using example problems to improve student learning in algebra: Differentiating between correct and incorrect examples. *Learning and Instruction*, *25*, 24–34. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.002

Chang, K.-E., Sung, Y.-T. & Chen, I.-D. (2002). The Effect of Concept Mapping to Enhance Text Comprehension and Summarization. *The Journal of Experimental Education*, *71*(1), 5–23. https://doi.org/10.1080/00220970209602054

Corral, D. & Carpenter, S. K. (2020). Facilitating transfer through incorrect examples and explanatory feedback. *Quarterly journal of experimental psychology (2006)*, *73*(9), 1340–1359. https://doi.org/10.1177/1747021820909454

Durkin, K. & Rittle-Johnson, B. (2012). The effectiveness of using incorrect examples to support learning about decimal magnitude. *Learning and Instruction*, *22*(3), 206–214. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.11.001

Heemsoth, T. & Heinze, A. (2014). The impact of incorrect examples on learning fractions: A field experiment with 6th grade students. *Instructional Science*, *42*(4), 639–657. https://doi.org/10.1007/s11251-013-9302-5

Hunter, K. H., Rodriguez, J.-M. G. & Becker, N. M. (2022). A Review of Research on the Teaching and Learning of Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*, *99*(7), 2451–2464. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034

Kopp, V., Stark, R., Kühne-Eversmann, L. & Fischer, M. R. (2009). Do worked examples foster medical students' diagnostic knowledge of hyperthyroidism? *Medical education*, *43*(12), 1210–1217. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03531.x

Loibl, K. & Leuders, T. (2018). Errors During Exploration and Consolidation—The Effectiveness of Productive Failure as Sequentially Guided Discovery Learning. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *39*(1), 69–96. https://doi.org/10.1007/s13138-018-0130-7

Loibl, K. & Leuders, T. (2019). How to make failure productive: Fostering learning from errors through elaboration prompts. *Learning and Instruction*, *62*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.03.002

Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern Zur Psychologie des „negativen" Wissens. In Wolfgang Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten: Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlaß des 60. Geburtstags von Fritz Oser.* (S. 11–41). VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-663-07878-4_1

Oser, F. K., Näpflin, C., Hofer, C. & Aerni, P. (2012). Towards a Theory of Negative Knowledge (NK): Almost-Mistakes as Drivers of Episodic Memory Amplification. In J. Bauer & C. Harteis (Hrsg.), *Professional and practice based learning 6. Human fallibility: the ambiguity of errors for work and learning* (S. 53–70). Springer.

Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive science*, *38*(1), 1–37. https://doi.org/10.1111/cogs.12086

Schworm, S. & Renkl, A. (2007). Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples. *Journal of Educational Psychology*, *99*(2), 285–296. https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.285

Stark, R., Kopp, V. & Fischer, M. R. (2009). Förderung der Diagnosekompetenz bei Studierenden der Medizin durch situiertes, fallbasiertes Lernen mit Lösungsbeispielen: der Einfluss von Fehlern und Feedback. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *56*(2), 137–149.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, *31*(2), 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

van Gog, T. & Rummel, N. (2010). Example-Based Learning: Integrating Cognitive and Social-Cognitive Research Perspectives. *Educational Psychology Review*, *22*(2), 155–174. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9134-7

Dominik Diermann[1]
Dennis Huber[1]
Steffen Glaser[1]
Jenna Koenen[1]

[1]Technische Universität München

Interaktivität und Dynamik in der digitalen SpinDrops-Lernumgebung

Seit dem Aufschwung digitaler Medien wird deren Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht diskutiert. Dabei kommen Simulationen und Animationen eine besondere Rolle zu. Unter anderem deren Mehrwerte zur Visualisierung bestimmter Lerngegenstände (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017) oder deren Möglichkeit zur interaktiven Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Untersuchungsfragen und -methoden werden als lernförderlich angesehen (z. B. D'Angelo et al., 2014; Stieff, 2019; Develaki, 2019). Derartige dynamische und interaktive Werkzeuge erleichtern – bei entsprechender Gestaltung – das Verständnis von Zusammenhängen und kausalen Effekten (z. B. Richtberg, 2018). Die vorliegende Forschungsarbeit verbindet dabei Simulationstools und digitale Medien mit dem Forschungsdesiderat der Unterstützung von Lernprozessen und dem Konzeptverständnis der ^{1}H-NMR (= nuclear magnetic resonance) Spektroskopie. Diese Methode leistet nicht nur zur Strukturanalyse oder Reaktionskontrolle einen signifikanten Beitrag zur chemischen Forschung, sondern wird von Studierenden der Chemie beinahe täglich genutzt. Dennoch bereitet das Verständnis (speziell der chemisch-physikalischen Hintergründe und deren Auswirkungen) sowie die Spektreninterpretation einigen Studierenden große Schwierigkeiten (Connor, 2021). Daher liegt auch die Vermutung nahe, dass Lehrende Unterstützung bei der Vermittlung dieser inhaltlich anspruchsvollen Konzepte willkommen heißen würden.

Forschungsziel und Methode: Die SpinDrops-Lernumgebung

Um diesem Wunsch nachzugehen, wurde eine digitale, interaktive Lernumgebung zur ^{1}H-NMR Spektroskopie konzipiert, in der existierenden Software *SpinDrops* (Glaser et al., 2018) umgesetzt und empirisch validiert. Die „*SpinDrops-Lernumgebung*" (kurz *SDLU*) beinhaltet dabei interaktive und dynamische Simulationen und neuartige, selbst entwickelte Visualisierungen (vgl. Abbildung 1). Wie für digitale Lernumgebungen bzw. Lernprogramme typisch, nutzt auch die SDLU die Möglichkeiten zur adaptiven Lernunterstützung durch individuell nutzbare Hinweise, Feedback und sukzessiv komplexer und offener werdende Aufgaben und Erklärtexte (Tiemann & Annaggar, 2020) und ist damit ein potenziell sehr lernförderliches Tool für Lernende mit unterschiedlichem Vorwissen oder kognitiven Fähigkeiten bzw. Ansprüchen. Inhaltlich fokussiert die SDLU auf den praxisnahen Grundlagen zur Auswertung von ^{1}H-NMR Spektren aus theoretischer Perspektive. Diese Fokussetzung wird durch die Ergebnisse einer deutschlandweiten Umfrage mit Dozierenden legitimiert. Namentlich handelt es sich dabei hauptsächlich um die Konzepte der chemischen Verschiebung und der Spin-Spin Kopplung mit deren jeweiligen Wirkungen auf die Signale im finalen ^{1}H-NMR Spektrum. In einem Pre-Post-Design wurde die SpinDrops-Lernumgebung empirisch untersucht. Dabei wurden zwei unterschiedlich interaktive bzw. dynamische Versionen der Software (bei gleichem Informationsgehalt) eingesetzt. Insgesamt $N = 50$ Studierende bearbeiteten dabei Pre-Post-Fragebögen mit validierten Items zu Motivation, Interesse und Selbsteinschätzung sowie einem selbst entwickelten und validierten ^{1}H-NMR Fachwissenstest. $N = 12$ Studierende bearbeiteten die SDLU dabei laut denkend und

mit videografiertem Bildschirm. In *N = 42* Fällen konnten zudem automatisierte log-files gespeichert werden, die u.a. die Bearbeitungsreihenfolge und Zeiten innerhalb der SDLU qualitativ dokumentieren.

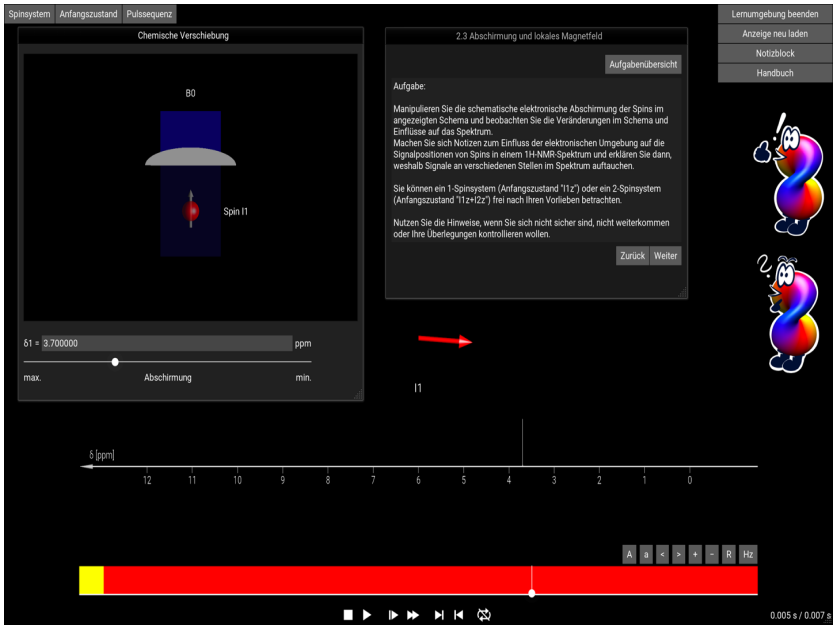


Abb. 1. Screenshot aus der SpinDrops-Lernumgebung mit interaktiver Visualisierung zum lokalen Magnetfeld und der chemischen Verschiebung (links), einem realistischen ppm-Spektrum (unten) und der Hinweis- und Feedback-Möglichkeit durch die Maskottchen (rechts).

Ergebnisse

Auf quantitativer Ebene zeigen die Fragebögen und Fachwissenstestergebnisse keine signifikanten Versionsunterschiede und zeigen, dass die eingesetzten Interaktivitätsunterschiede keinen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg und die Motivation von Studierende haben. Versionsübergreifend zeigen sich jedoch signifikante Lernzuwächse und positive Entwicklungen hinsichtlich Interesses, Selbstwirksamkeit und fachlicher Selbsteinschätzung durch die Arbeit und das Lernen mit der SDLU.

Auf dieser Grundlage geben die qualitativen Prozessdaten (durch das Laute Denken) weitere Hinweise auf Lernprozesse und -resultate mit der SDLU, weshalb die Auswertung dieser Daten mit ersten Ergebnissen im Folgenden fokussiert wird. Dabei wurde zur Analyse der *N = 12* transkribierten Laut-Denken Protokolle die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) angewendet. Bei der Kodierung konnte eine Intercoder-Reliabilität von $\kappa = .90$ erreicht werden, was einem sehr guten Ergebnis entspricht (Altman, 1991). Das Kodiermanual und seine Kategorien wurden induktiv entwickelt und auf Grundlage der Pilotierung der ersten Version der Lernumgebung deduktiv an das vorliegende Datenmaterial angepasst. Die Kodierung erfolgt nach dem Flussdiagramm-Schema in Abbildung 2, wonach zunächst auf kognitive Prozesse und Lernerfolge geachtet wird. Diese werden orientiert am ESNaS-Projekt (Kauertz et al., 2010) in die kumulativ aufeinander aufbauenden Kategorien Reproduzieren (Identifizieren von Information), Selegieren (Auswählen von Information), Organisieren (Strukturieren von Information) und Integrieren (Einbinden von Information in der

Wissensbasis) eingeordnet und dann mit Blick auf fachliche Richtigkeit (Verständnis /Unverständnis) und die Komplexität (Tiefe) hin weiter einsortiert. Darauffolgend werden typische Strategien/Heuristiken und die interaktive Nutzung der Software-Features und Simualtionstools (untergliedert in passend/unpassend bzw. erfolgreich/erfolglos) sowie Bearbeitungsprobleme/-unsicherheiten erfasst.

Abb. 2. Flussdiagramm zur Kodierung der Laut-Denken-Transkripte in die Oberkategorien.

Aus der Kodierung wurde u.a. ersichtlich, dass Lernende die SDLU als sehr nutzerfreundlich einschätzen und wenige Verständnisschwierigkeiten auftreten. Studierende zeigen 435-mal positive Denkprozesse und Konzeptverständnis auf verschieden komplexem Niveau: In 27% dieser Fälle auf dem Reproduzieren-Niveau, 40% Selegieren, 18% Organisieren und 1% Integrieren. Codes, die beispielsweise die interaktive Nutzung von SpinDrops (z. B. der interaktiven Visualisierungen oder des ppm-Spektrums) beschreiben, zeigen in 19,8% aller Korrelationen mit anderen Codes direkte Bezüge zu (korrekten) kognitiven Prozessen bzw. Konzeptverständnis. In einigen Fällen findet sich zudem eine Sequenz aus einer Fehlvorstellung bzw. eines Bearbeitungsproblems, was nach der interaktiven SpinDrops-Nutzung ebenfalls zum korrekten Konzeptverständnis führt. Die Arbeit mit der SDLU führt daher mehr oder weniger direkt zu einem Lernerfolg und kann in manchen Fällen sogar Fehlvorstellungen korrigieren.

Diskussion und Ausblick

Dass keine signifikanten Einflüsse durch Interaktivität und Dynamik in der SDLU gefunden werden konnten, könnte an der moderaten Teilnehmerzahl oder zu geringen Versionsunterschieden liegen. Aus der Theorie ist zudem bekannt, dass viele weitere Features der SDLU (positive) Effekte auf das Lernen haben können und die Einflüsse der Interaktivität überschatten könnten, welche speziell bei bereits intrinsisch belastenden, komplexen Inhalten (Cognitive Load Theory, z. B. Sweller et al., 1998, 2019) geringer ausfallen mögen.

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse handelt es sich um ein hoch-inferentes Verfahren mit der Schwerpunktsetzung wie beschrieben, die nicht frei von Interpretationseinflüssen sind und beispielsweise noch mit den quantitativen Daten und den log-files trianguliert werden können. Das Kodiermanual und der Fachwissenstest wurden darüber hinaus selbst entwickelt und validiert. Zukünftig wird die SDLU auch ins Englische übersetzt und dann möglichst unter allen deutschen Dozierenden der ^{1}H-NMR Spektroskopie und deren Studierenden verbreitet werden, um das empirisch als lernwirksam und motivierend bestätigte Tool zum Lernen der Grundlagen der ^{1}H-NMR Spektroskopie nutzbar zu machen. Zudem soll die SDLU weiter empirisch untersucht und auf Basis der Ergebnisse weiterentwickelt werden.

Literatur

Altman, D. G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research (Chapman & Hall / CRC Texts in Statistical Science).* Taylor & Francis Ltd.

Connor, M. C. (2021). *Teaching and learning 1H nuclear magnetic resonance spectroscopy*. Ph.D. Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 2010. https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/167938/mcarole_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed Sep 2022)

D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E. & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis (Executive Summary).* Menlo Park, CA: SRI International. https://www.sri.com/wp-content/uploads/2021/12/simulations-for-stem-learning-executive-summary.pdf (accessed Jan 2023)

Develaki, M. (2019). Methodology and epistemology of computer simulations and implications for science education. *Journal of Science Education and Technology*, 28. doi: 10.1007/s10956-019-09772-0

Glaser, S., Tesch, M. & Glaser, N. (2018). *SpinDrops*. Acessed 12.04.2021 on https://spindrops.org

Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.* 16. 135-153.

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H., Brinkman, A. & van Joolingen, W. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education*. Physical Review Physics Education Research*, 13 (1). doi:10.1103/ physrevphyseducres.13.010109

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Weinheim; Basel: Beltz.

Richtberg, S. (2018). *Elektronenbahnen in Feldern: Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung* (Dissertation). Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Stieff, M. (2019). Improving Learning Outcomes in Secondary Chemistry with Visualization-Supported Inquiry Activities. *Journal of Chemical Education*, 96 (7), 1300–1307. Zugriff auf https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00205 doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00205

Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. & Paas, F.G.W.C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review 10*, 251–296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review 31*, 261–292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Tiemann, R. & Annaggar, A. (2020). A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education. *Interactive Learning Environments,* 0 (0), 1-14. Zugriff auf https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826981

Marie Hansel[1]
Luzie Semmler[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Welche Effekte haben digitale Escape Games in der Hochschullehre?

Einleitung

Escape Rooms (ERs) bzw. Escape Games (EGs) erfreuen sich als Freizeitbeschäftigung großer Beliebtheit und werden auch zunehmend im Bildungsbereich eingesetzt. In diesem Zusammenhang wird auch von Educational Escape Games (EEGs) gesprochen. Dabei wird das Spielprinzip mit Fachinhalten verknüpft. Diese wachsende Popularität kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden. Dazu gehört zum Beispiel, dass durch die aktive Auseinandersetzung mit problemorientierten Rätseln und Aufgaben im Team nicht nur Fachkompetenzen, sondern auch 21st Century Skills wie soziale und kommunikative Kompetenzen sowie Problemlösefähigkeiten gefördert werden können (OECD, 2019). Mit diesem Ziel wurden im Rahmen eines allgemein-chemischen Laborpraktikums für Lehramtsstudierende des Faches Chemie an der TU Braunschweig drei digitale Escape Games entwickelt, evaluiert und beforscht. Im Folgenden werden das Konzept, die Escape Games, das Forschungsdesign und erste Ergebnisse vorgestellt.

Potenziale von Escape Games in der Lehre

Durch die narrativen Elemente, die immersive Umgebung und die spannenden Rätsel haben EEGs das Potenzial die Motivation und das Interesse für das Fach der Spielenden zu steigern. Die Kombination von Fachinhalten, Teamarbeit und das Lösen von Rätseln kann zudem neben den fachlichen z. B. auch kommunikative- und Problemlösekompetenzen, die zu 21st Century Skills gehören, fördern (Lathwesen & Belova, 2021; Makri, Vlachopoulos & Martina, 2021).

Aufbau und Ziele des Konzepts

Im Zuge eines vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur geförderten Projekts („Innovation Plus“, SJ 2021/22, Projektnummer 104) wurden drei digitale EEGs zu den Themen „Einführung ins Labor“, „Säure-Base-Titration“ und „Qualitative Salzanalyse“ entwickelt und in ein Grundlagenpraktikum zur allgemeinen Chemie für Lehramtsstudierende des Faches Chemie im ersten Bachelorsemester integriert. Das Grundlagenpraktikum findet semesterbegleitend mit wöchentlichen Sitzungen statt, weshalb die EEGs auf die Länge einer Sitzung (d.h. 90-120 Min.) ausgelegt sind. Durch das Spielen der EEGs sollen die Studierenden anwendbares Wissen und Fähigkeiten auf motivierende Weise erwerben. Dabei sollen sie sich die Fachinhalte mithilfe von anleitenden und lernunterstützenden Aufgaben und Rätseln selbstbestimmt erarbeiten und direkt anwenden. Die EEGs sind so angelegt, dass alle für die Lösung der Rätsel und Aufgaben relevanten fachlichen Informationen enthalten oder aber Verlinkungen zu entsprechenden Quellen angegeben sind. Dennoch ist es den Studierenden auch erlaubt und je nach Vorwissensstand evtl. sogar notwendig, weitere Recherchen z. B. im Internet oder Fachbüchern zu betreiben. Weiterhin wird das Ziel verfolgt, nicht nur fachliche, sondern vor allem überfachliche, prozessbezogene Kompetenzen wie Problemlösefähigkeiten, Kreativität, Kollaboration und Kommunikation zu fördern. Dabei spielt die Interaktion im Team beim Lösen fachbezogener Probleme in Form von Rätseln im EEG eine große Rolle. Somit werden die EEGs in Dreier- bis Vierergruppen gespielt.

Die einzelnen Geschichten der Spiele leiten sich aus einer übergeordneten Geschichte ab, die das gesamte Praktikum durchzieht. In dieser werden die Studierenden zu Einsatzkräften einer Spezialeinheit der Polizei ausgebildet, die chemiebezogene Fälle aufklärt. So müssen die Studierenden verschiedene Herausforderungen im Rahmen dieser fiktiven Ausbildung bewältigen und erste rätselhafte Fälle eigenständig untersuchen (Hansel & Semmler, 2023) Die drei EEGs werden überwiegend auf interaktiven Medienplattformen wie „Thinglink“ und „Google Formular“ bereitgestellt, worin Rätsel und Aufgaben sowie Fach- und Lösungsinformationen durch weitere digitale Formate sowie Verlinkungen integriert sind. Für die Erstellung der Rätsel und Aufgaben wurden unter anderem die Tools „LearningApps“, „H5P“, „LearningSnacks“ und ein Online-Puzzle-Programm verwendet.

In der auf das Spiel folgenden Sitzung findet vor Beginn der Laborarbeit eine gemeinsame Besprechung und Reflexion der Spielinhalte statt. Neben den persönlichen Rückmeldungen zum Spielerlebnis durch die Studierenden dient dies vor allem dazu, Vorgehensweisen beim Lösen der Rätsel und Aufgaben sowie Lösungen zu reflektieren und so Fachinhalte und (über-)fachliche Kompetenzen zu festigen. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Reflexionsphase für Lernprozesse bei den Studierenden (Semmler & Hansel, 2023).

Forschungsdesign und Evaluation des Konzepts

Zur Evaluation des Konzepts wurden neben der Veranstaltungsevaluation zum Ende des Semesters auch ein im Rahmen des Projekts entwickelter Fragebogen mit offenem Fragen zum Spiel, bei dem die Studierenden aus ihrer Sicht positive und negative Aspekte beschreiben, aufgetretene Schwierigkeiten angeben und Verbesserungsvorschläge geben sollen, eingesetzt. Dieser wurde nach jedem EEG von den Studierenden ausgefüllt. Im Rahmen der Begleitforschung, die sich auf die oben angegebenen Ziele bezieht, werden weiterhin Selbsteinschätzungen der Studierenden zu motivationalen Aspekten, zum Fachinteresse sowie zum Umgang mit Problemen erhoben. Zum Beispiel wird die Motivation der Studierenden wird zu Beginn und am Ende des Semesters sowie nach jedem EG unter mit der „Kurzskala intrinsischer Motivation“ von Wilde et al. (2009) in einem Online-Fragebogen erfasst. Zum ersten Mal fand das Konzept im Wintersemester 2021/22 mit insgesamt 10 Studierenden Anwendung. Die zweite Phase folgte im Wintersemester 2022/23, wobei 13 Studierende am Praktikum teilnahmen. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Anzahl an Teilnehmende in beiden Jahrgängen zu den verschiedenen Erhebungszeitpunkten schwankt. Dies liegt daran, dass es sich bei den EEGs um ein freiwilliges Lernangebot handelt, weshalb nicht alle EEGs gleichermaßen gespielt und von den Studierenden bewertet wurden. Dies und die insgesamt eher kleine Stichprobengröße ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Während im ersten Durchgang der Schwerpunkt auf der Evaluation der EEGs lag, rückte in der zweiten Phase die Begleitforschung verstärkt in den Fokus, um einen tieferen Einblick in die Auswirkungen, insbesondere auf das Problemlöseverhalten der Studierenden zu gewinnen. Dazu wurden Screencaptures und Tonaufnahmen während des Spielens erstellt, wobei die Studierenden zum „lauten Denken“ (Konrad, 2010) aufgefordert waren. Diese Daten werden zurzeit mittels qualitativer Analyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet und sollen somit Einblicke in das Vorgehen der Studierenden und ablaufende Problemlöseprozesse geben.

Ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Selbsteinschätzungen zu den motivationalen Faktoren über die gesamte Veranstaltung sowie in Bezug zu den einzelnen EEGs dargestellt.

Die Kurzskala intrinsischer Motivation setzt sich aus vier Subskalen à drei Items zusammen, bei der die Teilnehmenden die Aussagen auf einer 5er-Skala einschätzen. Zur Vereinfachung wurden an dieser Stelle alle Kategorien zur Gesamtmotivation zusammengefasst und jeweils deren Mittelwerte dargestellt (s. Abb. 1).

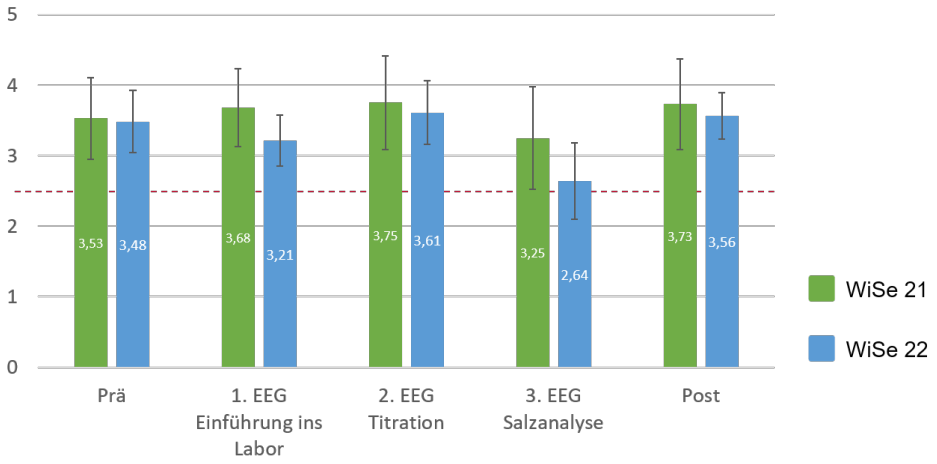


Abb. 1: Mittelwerte der Gesamtmotivation der Studierenden im Verlauf des Semesters (n schwankt je nach Zeitpunkt zwischen 3 und 13)

Hohe Werte stehen dabei für eine hohe Motivation. Insgesamt ist positiv hervorzuheben, dass die Werte, bis auf beim 3. EEG, im oberen Drittel der Skala liegen und somit von einer eher hohen Motivation ausgegangen werden kann. Weiterhin ist auffällig, dass Motivation von den Studierenden des zweiten Durchgangs durchweg geringer eingeschätzt wurde. Allerdings deuten die eher großen Standardabweichungen auch an, wie individuell diese Einschätzungen sind. Außerdem variieren die Werte bei beiden Jahrgängen je nach Zeitpunkt, fallen in der Post-Erhebung aber etwas höher aus, als in der Prä-Erhebung. Daher ist anzunehmen, dass die Studierenden das Konzept insgesamt als positiv und motivierend empfunden haben. Die unterschiedlichen Ergebnisse der EEGs sind vermutlich auf die verschiedenen Gestaltungsarten und zugehörigen Themen zurückzuführen. So gaben die Studierenden z.B. an, dass ihnen das lineare Design des 2. EEGs sehr gut gefallen hat und sie von der Offenheit der beiden anderen Spiele teilweise überfordert waren. Hinzu kommt, dass das Thema Säure-Base-Titration den meisten Studierenden wahrscheinlich aus der Schule bereits gut bekannt ist und Inhalte zur qualitativen Salzanalyse und Ionennachweisen eher neu sind, wodurch mehr zusätzliche Fachinformationen zum Lösen der Rätsel recherchiert werden mussten.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass digitale Educational EEGs das Potenzial haben, die intrinsische Motivation der Studierenden zu steigern, wozu nach Angaben der Studierenden auch der spielerische Ansatz und die Teamarbeit beitragen. Aussagen zu weiteren Effekten, wie zur potenziellen Förderung von Problemlösekompetenzen durch diese Spiele, werden erst nach Abschluss der Auswertung der Videodaten möglich sein. Insgesamt ist für eine erfolgreiche und zielführende Integration in die Lehre die Gestaltung und Anpassung der Spiele, auf Grundlage der Rückmeldungen Studierenden, entscheidend.

Literatur

C. Lathwesen, N. Belova (2021): Escape Rooms in STEM Teaching and Learning – Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. Educational Sciences, 11, 308.

Google: Google Forms. https://www.google.de/intl/de/forms/about/

Hansel, M. & Semmler, L. (im Druck): Digitale Educational Escape Games in der (Hochschul-)Lehre. In Huwer, J., Banerji, A. et al. (Hrsg.), Digitalisierung im Chemieunterricht. AG Digitalisierung im Chemieunterricht, DiCE 2023 - Online-Tagung.

Konrad, K. (2010): Lautes Denken. In: Günter Mey und Katja Mruck (Hg.): Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie. 1. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag, S. 476–490.

Kuckartz, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4., überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe (Grundlagentexte Methoden).

Makri, A., Vlachopoulos, D. & Martina, R.A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 4587, 1-29.

OECD (2019): OECD Lernkompass 2030. OECD-Projekt Future of Ed-ucation and Skills 2030. Rahmenkonzept des Lernens. https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Lernkompass_2030.pdf (31.10.2023)

Semmler, L., & Hansel, M. (2023). *Leitfaden zur Entwicklung digitaler Escape Games für die (Hochschul-) Lehre*. https://www.twillo.de/edu-sharing/components/render/b2068394-eba1-41b3-9481-805325863450

ThingLink: https://www.thinglink.com/de/

Wilde, M.; Bätz, K.; Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009): Überprüfung einer Kurzskala intrinsicher Motivation (KIM). Testing a short scale of intrinsic motivation. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15, S. 31–45.

Luzie Semmler[1] [1]TU Braunschweig

Anregung von (kreativen) Problemlöseprozessen in einem Educational Escape Room

Einleitung

Educational Escape Rooms (EERs) verbinden das Spielprinzip eines Escape Rooms (ER), bei dem Rätsel im Kontext eines Narrativs durch Kombinieren verschiedener Informationen gelöst werden, mit der Vermittlung, Anwendung und dem Transfer (fach-)spezifischer Inhalte. Der Einsatz von EERs eröffnet so neue Möglichkeiten, Lernen interaktiv und praxisnah zu gestalten. An der TU Braunschweig wurde als Abschluss eines allgemein-chemischen Laborpraktikums für Lehramtsstudierende des Faches Chemie ein EER entwickelt, evaluiert und beforscht. Im Fokus der Forschung steht die Analyse von Videodaten hinsichtlich der Anregung von Problemlöseprozessen und kreativem Denken. Im Folgenden werden das Konzept, Potenziale von EERs, der theoretische Hintergrund zum kreativen Problemlösen, das Forschungsdesign und erste Ergebnisse beschrieben.

Einsatz von Escape Rooms in der Hochschullehre

Grundlegende Elemente eines EERs sind die Rahmenhandlung sowie die Rätsel, die die Spielperspektive darstellen, und die fachlichen Inhalte, Lernziele sowie Kompetenzen, die die Fachinhaltsperspektive darstellen (Groß et al., eingereicht). Zwischen diesen Elementen besteht eine ständige Wechselwirkung. Bezogen auf den hier vorgestellten EER umfasst die Spielperspektive das Sammeln von Informationen durch das Lösen von Rätseln in einem realen Labor, um eine fiktive Entführung aufzudecken. Der Fachinhalt wird bei den Rätseln einbezogen, bei denen sowohl theoretisches Wissen als auch experimentelle Fähigkeiten in neuen Situationen angewendet werden müssen. Diese umfassen allgemein-chemisches Grundlagenwissen und grundlegende Labortechniken wie z. B. Säure-Base-Titrationen (für mehr Informationen zu diesem ER s. Semmler, 2022).

Durch die direkte kognitive und physische Interaktion mit der Umwelt im Rahmen der Geschichte wird eine große Immersion erzeugt (Makri, Vlachopoulos & Martina, 2021). Diese und die spielerische Vermittlung und Anwendung fachlicher Inhalte können zu einer Förderung der Lernmotivation und des fachlichen Interesses führen. Weiterhin bergen EERs das Potenzial, fachliche, methodische und soziale Kompetenzen wie Kollaboration sowie Fähigkeiten zum Problemlösen und kreativen Denken fördern zu können (Lathwesen & Belova, 2021; Makri, Vlachopoulos & Martina, 2021; Scheller, 2021). Allerdings fehlen empirische Untersuchungen zu Effekten von EERs; hier setzt die vorgestellte Studie an.

Problemlösen und kreative Denkprozesse

Problemlösen wird als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (Klieme et al., 2001, S. 185) definiert. Das zugrundeliegende Problem stellt eine Barriere zwischen dem Ausgangs- und dem Zielzustand dar, die es zu überwinden gilt. Je nach Vorgabe von Informationen ist es gut oder schlecht definiert (Becker-Carus & Wendt, 2017), wobei Letzteres mit weniger Informationen einhergeht und eine offenere Vorgehensweise intendiert. Bezogen auf EERs können Probleme mit Rätseln gleichgesetzt werden.

Kreativität knüpft daran an und wird hier als Fähigkeit, durch Verarbeitung von Informationen ein neues, originelles und wertvolles Produkt als Lösung eines Problems zu schaffen, verstanden (Semmler & Matzner, im Druck; Urban, 2004). Der Fokus liegt hier aber mehr auf der Entwicklung unterschiedlicher Lösungswege und origineller Produkte. Dabei sind zwei Denkarten hervorzuheben: divergentes und konvergentes Denken. Während erstere offenes, assoziatives Denken in möglichst viele unterschiedliche Richtungen meint, bezeichnet letztere eher logische, rationale und lineare Denkprozesse (Guilford, 1950). Diese Denkarten zeigen sich in allen Phasen des Problemlöseprozesses, wie Abb. 1 verdeutlicht.

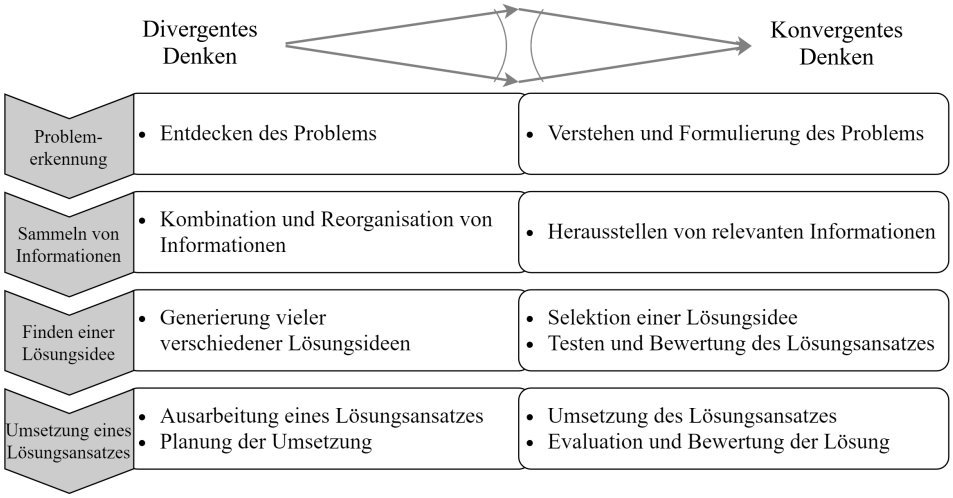


Abb. 1: Konvergente und divergente Denkprozesse im kreativen Problemlöseprozess (Matzner et al., 2022; Semmler & Matzner, im Druck)

Forschungsdesign

Mit dem hier vorgestellten EER wird das Ziel verfolgt, neben fachlichen insbesondere auch methodische und soziale (prozessbezogene) Kompetenzen zu fördern. Im Fokus der Begleitforschung steht die Frage, inwiefern (kreative) Problemlöseprozesse bei der Durchführung des EERs angeregt werden können. Dazu werden Selbsteinschätzungen der Studierenden mittels Fragebögen (vgl. dazu Semmler, 2022) erhoben; zudem werden diese während der Durchführung videografiert. Der EER wurde in den Wintersemestern 2021/22 und 2022/23 von insgesamt 24 Erstsemesterstudierenden (elf Zweier- bzw. Dreiergruppen) durchgeführt. Davon wurden bisher neun Gruppen in die Videoanalyse einbezogen. Die Länge der Videos beträgt zwischen 2 und 3,5 Stunden pro Durchlauf. Für die Auswertung wurden die Videodaten entsprechend den Rätseln sequenziert und transkribiert. Die Daten wurden anschließend mithilfe der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018; Steigleder, 2008) ausgewertet.

Forschungsergebnisse

Im Folgenden werden Ergebnisse in Bezug auf ein Rätsel dargestellt, bei dem eine geheime Botschaft auf einem Spiegel durch Beschlagen, beispielsweise mithilfe von Wasserdampf, sichtbar gemacht werden muss. Im Sinne eines schlecht definierten Problems sind hier weder Ausgangs- oder Zielzustand noch der Lösungsweg bekannt, sodass bei diesem Rätsel

theoretisch alle Schritte des kreativen Problemlöseprozesses durchlaufen werden können. Entsprechend erfolgte die Kategorienbildung überwiegend deduktiv auf Grundlage des in Abb. 1 dargestellten Problemlöseprozesses, induktiv wurden Kategorien wie „Sonstige Äußerungen: Hinweise“ und „Abbruch des Lösungsansatzes“ ergänzt. Die Segmente für die Analyse bilden einzelne Sätze, Äußerungen oder Beschreibungen relevanter Tätigkeiten.

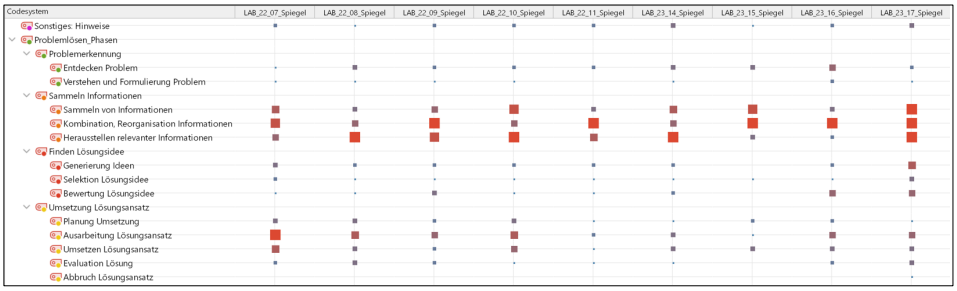


Abb. 2: Code-Häufigkeiten für das Spiegel-Rätsel innerhalb der einzelnen Gruppen (erstellt mit MAXQDA, Version 2022 (VERBI Software, 2021); Farben sind zufällig gewählt)

Der Darstellung in Abb. 2 lässt sich entnehmen, dass die einzelnen Kategorien im Verhältnis zu allen bei dieser Rätsellösung kodierten Segmente pro Gruppe umso häufiger aufgetreten sind, je größer das zugehörige Quadrat ist. Es fällt auf, dass die Auseinandersetzung mit dem Rätsel individuell unterschiedlich ist und nicht alle Gruppen alle Schritte der Problemlösung durchlaufen haben. Über alle Gruppen hinweg kann festgehalten werden, dass alle Schritte des Problemlöseprozesses kodiert werden konnten. Auffällig ist weiterhin, dass die Phase „Sammeln von Informationen“ bei allen Gruppen am häufigsten aufgetreten ist, während die Phasen „Problemerkennung“ und „Finden von Lösungsideen“ vergleichsweise selten herausgestellt werden konnten. Auch Evaluationen der Lösungsidee bzw. Lösung fanden nur selten statt. Bei der Analyse der zeitlichen Abfolge der Kodierungen innerhalb der einzelnen Gruppen konnte zudem ein permanenter Wechsel zwischen den Schritten festgestellt werden. Dabei beginnt der Prozess überwiegend nicht mit der Entdeckung des Problems, sondern mit dem Sammeln und Kombinieren von Informationen.

Fazit und Ausblick

Aus den Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass divergente Denkprozesse wie die Ideengenerierung und konvergente Denkprozesse wie die Evaluation von Ideen und Lösungen kaum selbstständig von den Studierenden vollzogen werden. Dies hebt die Notwendigkeit einer gemeinsamen Reflexion der Lösungswege und Kompetenzen im Anschluss an den ER hervor. Zudem sollten divergente Denkprozesse z. B. durch Hervorhebung relevanter Informationen und zielführende Hinweise angeregt werden. Weiterhin kann herausgestellt werden, dass es sich beim kreativen Problemlöseprozess nicht, wie in Abb. 1 intendiert, um einen linearen Prozess handelt.

Zurzeit findet zur Überprüfung und Anpassung des Kategoriensystems eine Bestimmung der Interrater-Reliabilität statt. Daraufhin sollen weitere Rätsel im EER hinsichtlich kreativer Problemlöseprozesse analysiert werden. Dabei soll auch eine Einzelfallanalyse unter Hinzuziehen der Fragebogenergebnisse erfolgen, um tiefere Einblicke in die ablaufenden Prozesse zu erhalten. Zudem sollen weitere Daten erhoben und ausgewertet werden.

Literatur

Becker-Carus, C. & Wendt, M. (2017). Denken, Problemlösen, Entscheiden. In C. Becker-Carus & M. Wendt (Hrsg.), Allgemeine Psychologie, Eine Einführung, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Neuauflage. Berlin: Springer, 451-484.

Groß, K., Prewitz, N., Belova, N., Semmler, L., Strippel, C., Schumacher, A., Lathwesen, C. & Hansel, M. (eingereicht). Spiel oder Lernangebot? – Eine analytische Sicht auf den Einsatz von Educational Escape Games im Chemieunterricht.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5 (9), 444-454.

Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz? Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. Zeitschrift für Pädagogik, 47, 179-200.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.

Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning – Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. Education Sciences, 11, 308, 1-14.

Makri, A., Vlachopoulos, D. & Martina, R.A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 4587, 1-29.

Matzner, M., Semmler, L., Höner, K., Hildebrandt, C. & Matis, K. (2022). Verhaltensindikatoren für Potenziale in Informatik und Naturwissenschaften. In G. Weigand, C. Fischer, F. Käpnick, C. Perleth, F. Preckel, M. Vock & H.-W. Wollersheim (Hrsg.), Dimensionen der Begabungs- und Begabtenförderung in der Schule. Band 2. Leistung macht Schule. Bielefeld: wbv, 295-306.

Scheller, A. (2021). Escape-Rooms und Breakouts in der Schule einsetzen. Themenwahl, Erstellung und Ablauf mit praktischen Beispielen aus der Sekundarstufe I. Hamburg: Persen Verlag.

Semmler, L. (2022). Escape L.A.B. – Ein Escape Room für Chemiestudierende. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021, 252-255. Verfügbar unter: https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2022/05/Tagungsband-2022-Stand-13522.pdf (letzter Aufruf am 30.10.2023).

Semmler, L. & Matzner, M. (im Druck). Kreativität diagnostizieren und fördern im Chemie- und Informatikunterricht. In C. Fischer, C. Fischer-Ontrup, F. Käpnick, N. Neuber & C. Reintjes (Hrsg.), Potenziale erkennen – Talente entwickeln – Bildung nachhaltig gestalten. (Reihe Begabungsförderung: Individuelle Förderung und inklusive Bildung). Münster: Waxmann.

Steigleder, S. (2008). Die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse im Praxistest. Eine konstruktiv kritische Studie zur Auswertungsmethodik von Philipp Mayring. Marburg: Tectum.

Urban, K.K. (2004). Kreativität. Herausforderung für Schule, Wissenschaft und Gesellschaft. Münster: LIT Verlag.

VERBI Software (2021). MAXQDA 2022. Software für qualitative Datenanalyse. Berlin: VERBI Software.

Valerie Amacker[1]
Markus Wilhelm[1]
Dorothee Brovelli[1]

[1]Pädagogische Hochschule Luzern

Effekte von Versuchsanleitungen auf den Cognitive Load und die Selbstwirksamkeitserwartung

Ausgangslage

Im Rahmen der Studie „Präsentationsmodi bei Versuchsanleitungen“ wurde untersucht, welchen Einfluss multimediale Anleitungsvarianten auf die Lernwirksamkeit, die Selbstwirksamkeit und die kognitive Belastung der Schüler*innen nehmen können.

Die Daten wurden mithilfe einer Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design erhoben. Der Workshop „(Unsichtbares) Licht – mit dem Smartphone entdeckt“ (Amacker et al., 2022) diente als Rahmung. Im Workshop kamen Bild-Text, Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen zum Einsatz, die randomisiert den Schulklassen zugeteilt wurden. Die Bild-Text-Anleitungen entsprachen klassischen Arbeitsblättern und waren Ausgangslage der anderen zwei Anleitungsvarianten, die gleiches Text- wie Bildmaterial verwenden. Bei den Bild-Instruktions-Anleitungen erhielten die Schüler*innen jeweils mündliche Instruktionen von den Workshop-Leitenden, ähnlich dem Frontalunterricht, und Bilder als Erinnerungshilfe am Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt. In den Video-Anleitungen sind drei Teenager zu sehen, die die Versuchsaufbauten wie in den Bild-Instruktions-Anleitungen erläutern, hier mit der Möglichkeit, die einzelnen Videosequenzen erneut anzusehen. Der Workshop selbst wurde für alle Gruppen gleich durchgeführt, einzig die Anleitung variierte im Untersuchungssetting.

Theoretischer Hintergrund

Ausgehend von der Cognitive-Load-Theorie (Sweller, 1994) wird angenommen, dass Text- und Bildmaterialien die Arbeitsgedächtniskapazität in unterschiedlichem Maße belasten können, abhängig davon, wie sie präsentiert werden. Je nach Auslastung des Arbeitsgedächtnisses kann dies einen Einfluss auf die Lernleistung haben. Aus diesem Grund wurden Versuchsanleitungen untersucht, die alle Text und Bild in Kombination enthalten, sich aber in ihrem Präsentationsmodus unterscheiden.

Bei der Entwicklung der Anleitungen wurden aus den Forschungsergebnissen der Kognitionspsychologie und des Instruktionsdesigns resultierende Designprinzipien herangezogen. Die entsprechende Umsetzung dieser Designprinzipien wird im Abschnitt „Anwendung der Designprinzipien an den Versuchsanleitungen“ erläutert.

Neben den konzeptionellen Überlegungen zur Informationsvermittlung wurde auch Banduras sozial-kognitive Theorie (Bandura, 1977) mit Fokus auf die Selbstwirksamkeitserwartung berücksichtigt. Stellvertretende Erfahrungen durch Beobachtung und erfolgreich gemeisterte Aufgaben können die Selbstwirksamkeitserwartung stärken. Die Beobachtung von Gleichaltrigen, die erfolgreich Leistungen erbringen, kann bei Schüler*innen das Vertrauen in die eigene Fähigkeit stärken, ähnliche Aufgaben zu meistern (Barysch, 2016, S. 204). Aus diesem Grund wurden für die Video-Anleitungen Schüler*innen gleichen Alters hinzugezogen, die den Versuch instruieren, während bei den Bild-Instruktions-Anleitungen die Workshopleitenden den Versuch erläutern.

Anwendung der Designprinzipien an den Versuchsanleitungen

Die Versuchsanleitungen wurden so konzipiert, dass sie sich auf die wesentlichsten Schritte beschränken. Daher sind in jeder Anleitung nicht mehr als sieben Arbeitsschritte beschrieben. Weiter wurde darauf Wert gelegt, dass auf einem einzelnen Bild stets der gesamte Versuchsaufbau dargestellt ist, sodass auf den Bild-Text- und Bild-Instruktions-Anleitungen keine sequenzielle Bildabfolge notwendig ist. Damit wurde dem Kohärenzprinzip (Fiorella & Mayer, 2021) Rechnung getragen.

Unter Berücksichtigung des Signalisierungsprinzips (Mautone & Mayer, 2001) sind bei den Bild-Text-Anleitungen Schlüsselaussagen farblich hervorgehoben, während bei den Anleitungen mit mündlicher Instruktion diese durch Stimmvariation hervorgehoben werden. Beobachtungsaufgaben sind in den Bild-Text-Anleitungen durch das Symbol eines erhobenen Zeigefingers visuell betont. Dieses Symbol wird ebenfalls in den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen durch eine entsprechende Fingerzeig-Geste visualisiert.

Bei den Bild-Text-Anleitungen befinden sich die verschriftlichten Arbeitsschritte jeweils auf der linken Seitenhälfte, die Fotografie zum Versuchsaufbau auf der rechten Seitenhälfte. Diese Struktur fördert die räumliche Kontiguität (Mayer & Moreno, 2012). Bei den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen wurde das zeitliche Kontiguitätsprinzip berücksichtigt, indem sichergestellt wurde, dass die Erläuterungen zum Versuchsaufbau simultan zur beschriebenen Handlung erfolgten.

Unter Berücksichtigung des Segmentierungsprinzips (Mayer & Fiorella, 2021) wurden in den Bild-Text-Anleitungen die individuellen Arbeitsschritte nummeriert, während in den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen Satzeinleitungen wie „zuerst“, „danach“ und „anschließend“ zur Strukturierung der unterschiedlichen Arbeitsschritte verwendet wurden. Hier dienten zudem kurze Sprechpausen als zusätzliche Mittel zur Trennung der Schritte.

Das Modalitätsprinzip besagt, dass ein gesprochener Text zur Erklärung einer Abbildung effektiver ist als ein schriftlicher Text (Moreno & Mayer, 1999). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei mündlichen Erklärungen oder Anweisungen, die lang und/oder komplex sind und nur kurzzeitig präsentiert werden (z.B. eine einmalige Erklärung, ohne Möglichkeit zur Wiederholung), der Modalitätseffekt nicht mehr greift (Castro-Alonso & Sweller, 2021, S. 261). Die Beachtung des Modalitätsprinzips war lediglich bei den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen möglich, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, dass die Anweisungen weder zu lang noch zu komplex ausfielen.

Forschungsfragen

Die Studie geht der Hauptfragestellung nach, welchen Einfluss multimediale Anleitungen auf die Selbstwirksamkeit und den Cognitive Load der Schüler*innen nehmen. Diesbezüglich wurden zwei Forschungsfragen formuliert.

Forschungsfrage 1: Kann die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden als ein Parameter für die Wahl einer geeigneten Versuchsanleitung angesehen werden?

Es wird angenommen, dass Video-Anleitungen für Schüler*innen mit niedriger Selbstwirksamkeitserwartung am erfolgversprechendsten in Bezug auf Lernzuwachs und Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung sind, da die einzelnen Handlungen Schritt für Schritt nachgeahmt werden können (Höffler & Leutner, 2007), wohingegen Bild-Instruktions- sowie Bild-Text-Anleitungen kognitiv anspruchsvoller scheinen.

Forschungsfrage 2: Mit welcher Anleitungsvariante können die Lernenden die sachfremde kognitive Belastung (Leutner et al., 2014) möglichst niedrig halten und welchen Einfluss hat das auf den Lernzuwachs?

Nach dem Modalitätsprinzip (Moreno & Mayer, 1999) wird mit den Bild-Instruktions- und den Video-Anleitungen der Extraneous Cognitive Load möglichst niedrig gehalten, da durch den gesprochenen Text der visuelle Kanal für die Verarbeitung der Bildinhalte besser genutzt werden kann (Leahy & Sweller, 2016). Ein niedrig gehaltener Extraneous Cognitive Load führt zu einem höheren Lernzuwachs, da den Lernenden mehr Arbeitsgedächtniskapazität für die Auseinandersetzung mit dem zu beobachtenden Phänomen bleibt.

Studiendesign und Methodik

An der Studie nahmen 820 Schüler*innen der Sekundarstufe I (50.1% weiblich, 49.9% männlich; M = 13.7 Jahre, SD = 1.1 Jahre) teil. Zur Messung des Wissens bzw. des Lernzuwachs wurde ein Konzepttest (Amacker et al., 2023) mit 15 Items eingesetzt, der die Schüler*innenvorstellungen und den Wissensstand zur Reflexion und Transmission von Licht und Infrarotstrahlung erhebt. Die Selbstwirksamkeitserwartung wurde mit Hilfe einer vierstufigen Likert-Skala mit 8 Items zur Messung der Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren nach Schroedter und Körner (2012) erhoben. Der Cognitive Load wurde unmittelbar nach jeder Versuchsdurchführung mittels dreier Items erhoben (Kalyuga et al., 1999; Klepsch et al., 2017; Paas, 1992), sowie am Ende der Intervention mittels des Fragebogens zur differenzierten Messung kognitiver Belastung von Klepsch et al. (2017).
Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen den Variablen wurden mit Hilfe des R Paketes lme4 (Bates et al., 2015) Random Intercept Modelle mittels REML (Restricted Maximum Likelihood) Schätzung gerechnet sowie multiple lineare Regressionen geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Random Intercept Modelle zur Selbstwirksamkeitserwartung zeigen, dass wenn es darum geht, im Konzepttest möglichst gut abzuschneiden, Schüler*innen mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung die besten Ergebnisse mit den Bild-Text-Anleitungen erzielen ($\beta = 1.29$, $SE = .48$, $p = .007$). Wird hingegen das Ziel verfolgt, die Schüler*innen in ihrer Selbstwirksamkeit zu bestärken, sollte gerade auf Bild-Text-Anleitungen verzichtet werden. Bei deren Verwendung zeigte sich eine signifikant tiefere Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung nach dem Workshopbesuch im Vergleich zu den Bild-Instruktions-Anleitungen ($\beta = -1.35$, $SE = .66$, $p = .041$) und im Vergleich zu den Video-Anleitungen ($\beta = -1.44$, $SE = .69$, $p = .038$).
Die Analysen zum Cognitive Load zeigen, dass die sachfremde kognitive Belastung bei den Anleitungsvarianten mit einer mündlichen Komponente signifikant höher ausfiel als bei den Bild-Text-Anleitungen (Bild-Instruktion: $\beta = 0.28$, $SE = .14$, $p = .042$; Video: $\beta = 0.38$, $SE = .15$, $p = .008$), was dem Modalitätsprinzip widerspricht. Zudem zeigte sich, dass die Anleitungsvariante allein die sachfremde kognitive Belastung zu beeinflussen vermag. Die Hypothese, dass mit Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen der Cognitive Load möglichst niedrig gehalten wird, und die Lernenden dadurch ausreichend Arbeitszeitgedächtniskapazität für die Auseinandersetzung mit dem Phänomen zur Verfügung haben, wodurch die Lernleistung steigt, kann nicht bestätigt werden. Die statistischen Auswertungen zeigten keinen Effekt auf den Lernzuwachs durch den Cognitive Load ($\beta = 0.23$, $SE = .18$, $p = .205$).

Literatur

Amacker, V., Lohse-Bossenz, H., Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2023). Concept test on reflection and transmission in the range of visible and infrared optics. *International Journal of Science Education.* Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2263917

Amacker, V., Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2022). Entwicklung eines Workshops zur Infrarot-Optik nach dem Basismodell «Konzeptbildung». *Progress in Science Education, 5*(1), 61–75. https://doi.org/10.25321/PRISE.2022.1283

Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice-Hall.

Barysch, K. N. (2016). Selbstwirksamkeit. In D. Frey (Hrsg.), *Psychologie der Werte* (S. 201–211). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48014-4_18

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software, 67*(1). https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Castro-Alonso, J. C. & Sweller, J. (2021). The modality principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 261–267). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.026

Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2021). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 185–198). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.019

Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction, 17*(6), 722–738. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013

Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology, 13*(4), 351–371.

Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology, 8*, 1–18. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997

Leahy, W. & Sweller, J. (2016). Cognitive load theory and the effects of transient information on the modality effect. *Instructional Science, 44*(1), 107–123. https://doi.org/10.1007/s11251-015-9362-9

Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck Annett. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6., vollständig überarbeitete Aufl., S. 297–324). Beltz.

Mautone, P. D. & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 93*(2), 377–389. https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.377

Mayer, R. E. & Fiorella, L. (2021). Principles for managing essential processing in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 243–260). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.025

Mayer, R. E. & Moreno, R. (2012). Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 131–152). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511844744.009

Moreno, R. & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*(2), 358–368.

Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429–434.

Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). *Developing a Questionnaire to Measure Student's Self-Efficacy in Conducting Science Experiments*. Conference of the International Society of Psychology of Science and Technology.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction, 4*(4), 295–312. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5

Tom Jungbluth [1]
Silke Mikelskis-Seifert [1]
Josef Künsting [1]

[1] Pädagogische Hochschule Freiburg

Prompts zur kognitiven Aktivierung beim multimedialen Experimentieren

Motivation. Die komplexen Vorgänge des Schwimmens, Schwebens und Sinkens von Vollkörpern stellen für Schüler:innen eine Herausforderung dar, wenn es darum geht, das Dichtekonzept als Erklärungsansatz für dieses Phänomen zu verstehen (Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006). Ein Grund hierfür basiert auf den wissenschaftlich anspruchsvollen Konzepten, die das Schwimmen, Schweben und Sinken als ein komplexes Zusammenspiel von Variablen wie Gewichtskraft, Masse, Volumen, Dichte, Auftriebskraft und den damit verbundenen Prozessen modellieren (Perkins & Grotzer, 2005). Zudem haben Schüler:innen bei der selbstregulierten Planung von Experimenten offensichtlich Probleme, den Einfluss der unabhängigen Variablen (Volumen, Masse) auf die abhängige Variable (Schwimmverhalten von Vollkörpern in Wasser) unter Anwendung von adäquaten Experimentierstrategien (z.B. die Variablenkontrollstrategie (VKS)) systematisch zu untersuchen (Chen & Klahr, 1999; Zimmerman & Croker, 2013). Entsprechend stellt sich die Frage, wie Schüler:innen instruktional so unterstützt werden können, dass diese einerseits adäquate Experimentierstrategien beim Planen ihrer Experimente anwenden und zugleich das Schwimmen, Schweben und Sinken von Vollkörpern über das Konzept der Dichte nachhaltig besser verstehen.

Theoretische Rahmung. Metakognitive und kognitive Unterstützungsmaßnahmen, wie „Prompts“, können selbstreguliertes Lernen bedeutsam fördern (Bannert, 2009), was sich auch für die Lernform des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren zeigen ließ (Künsting, et al., 2013). Prompts sind sogenannte Lernstrategieaktivatoren, die als nondirektiver Hinweis die Schüler:innen zur Nutzung metakognitiver und kognitiver Lernstrategien anregen sollen und in diesem Zuge zu einer metakognitiven bzw. kognitiven Aktivierung führen. Allerdings ist für den Beginn, die Aufrechterhaltung und den Erfolg selbstregulierter Lernprozesse ein Mindestmaß an Motivation erforderlich (Artelt & Wirth, 2014), auch können in diesem Zusammenhang einem hinreichend positiven Selbstkonzept der Schüler:innen lern- und leistungsförderliche Effekte zugeschrieben werden (Huang, 2011; Osborne, 1996).

Forschungsfragen. Mit einem entwickelten digitalen Lerncomic zum Thema Schwimmen und Sinken (“Mission Aqua“) als simulations- und dialogbasierte Lernumgebung, die auch experimentierende Lernhandlungen zulässt (angelehnt an Künsting et al., 2013; Salim et al., 2023; s. Jungbluth et al., 2022; Jungbluth et al., 2023), wird im Wesentlichen zwei Forschungsfragen nachgegangen: (1) In einem ersten Schritt wird untersucht, ob durch das Design der Lernumgebung positive motivationale und selbstkonzeptsteigernde Voraussetzungen für eine erfolgreiche Selbstregulation beim Planungsprozess von Experimenten zur Untersuchung des Schwimmverhaltens von Körpern erzielt werden können. (2) Des Weiteren wird in den ersten Auswertungen überprüft, ob die Selbstregulation beim eigenständigen Experimentieren mit der Nutzung von VKS durch präsentierte metakognitive Impulse (Prompts) bedeutsam verbessert wird (z.B. im Sinne häufigerer VKS-Nutzung). Auswertungen zur kognitiven Promptwirkung, der Wissensakquise, und ob die Vorgabe von drei Beispielen mit intendierter VKS-Anwendung Einfluss auf die Promptwirkung nimmt, werden zukünftig folgen.

Methodik. *Stichprobe*: An der Pilotstudie nahmen *N*=222 Schüler:innen der fünften bis sechsten Jahrgangsstufe aus Baden-Württemberg teil (5. Klasse: *N*= 111, 41.14 % weiblich, Alter (*M* (*SD*) = 11.18 (0.76)); 6. Klasse: *N*=111, 55.85 % weiblich, Alter (*M* (*SD*) = 12.01 (0.77))). *Design*: Der Pilotstudie liegt ein experimentelles 2x2-Design mit Randomisierung auf Individualebene und Prä-Post-Messung zugrunde. Mit den zwei Faktoren des Designs (I. Metakognitive Prompts, ja vs. nein; II. Kognitive Prompts, ja vs. nein) liegen zunächst vier Gruppen vor: Experimentalgruppe 1 (EG1, *N*=43) mit metakognitiven Prompts, EG2 (*N*=42) mit kognitiven Prompts, EG3 (*N*=47) mit metakognitiven und kognitiven Prompts sowie eine Kontrollgruppe (KG, *N*=49) ohne Prompts. Ergänzend zu diesen vier Gruppen wurde eine zusätzliche Kontrollgruppe ohne VKS-Beispiele (KGOB, *N*=41) getestet. (Normalverteilung der Schüler:innen auf die insgesamt fünf Gruppen: $\chi^2(4, N=222)=1.063$, $p=.900$). *Durchführung*: Im Prä-/Post-Design bearbeiteten die Schüler:innen zunächst einige Verfahren zur Erfassung demographischer Daten, des Interesses an Lerncomics am Beispiel „Mission Aqua“ (5 Items, $\alpha_{Prä/Post}$= .99/.91) sowie das naturwissenschaftliche Fähigkeitsselbstkonzept (adaptiert nach Mikelskis-Seifert & Duit, 2010; 9 Items; $\alpha_{Prä/Post}$=.98/.91). Hierbei wurde eine 4-stufige Likert-Skala* eingesetzt (0=“stimmt gar nicht” – 3=“stimmt genau”). Im Anschluss wurde das verfügbare Strategiewissen zur Variablenkontrolle (adaptiert nach Brandenburger et al., 2022) und das (Vor)-Wissen (adaptiert nach Salim et al., 2023) zum Thema „Schwimmen, Schweben und Sinken“ erhoben, worauf im Rahmen des vorliegenden Dokuments nicht weiter eingegangen werden kann. Vor dem ersten und nach dem letzten Prompt in der Lernumgebung wurde die aktuelle Motivation der Lernenden erhoben (adaptiert nach Rheinberg et al., 2001; 4 Items (Interesse)*, $\alpha_{Prä/Post}$=.87/.88; 4 Items (Herausforderung)*, $\alpha_{Prä/Post}$=.77/.81).
Im Rahmen des oben erläuterten 2x2-Designs wurden die Schüler:innen je innerhalb ihrer Klassen randomisiert den insgesamt fünf Gruppen zugewiesen. Anschließend arbeiteten die Schüler:innen in dem digitalen Lerncomic „Mission Aqua“ zum physikalischen Inhaltsbereich „Schwimmen, Schweben und Sinken von Vollkörpern“ (Jungbluth et al., 2022; Jungbluth et al. 2023). *VKS-Messung*: Zur Messung der VKS-Nutzung wurden die Lernenden aufgefordert, eigenständig ein Würfelpaar aus der Dichtematrix-Simulation zu wählen, um die vorgegebene Hypothese zu untersuchen. Die Auswahl des 4. Würfelpaares erfolgte zu zwei Messzeitpunkten (t_{VKS-1} = Untersuchung des Einflusses des Volumens auf das Schimmverhalten, t_{VKS-2} = Einfluss der Masse). *Kognitive Prompts*: Um ein tiefes Verständnis über die später zu untersuchenden Variablen zu erlangen (Chang et al., 2008; Volumen, Masse), werden die Schüler:innen zur Nutzung wirksamer kognitiver Tiefenverarbeitungsstrategien angeregt. Hierbei soll durch kognitive Prompts einerseits das Vorwissen zu den Variablen aktiviert werden sowie die jeweilige Variable in Form einer Selbsterklärung nochmal in eigenen Worten erklärt werden („Überlege dir: Wie würdest du mir den Begriff Volumen in deinen eigenen Worten erklären?“). *Metakognitiven Prompts*: Um die zu untersuchenden Variablen später in einem Experiment adäquat, im Sinne der VKS, zu untersuchen, brauchen Schüler:innen, gerade bei komplexen Themen wie das Schwimmverhalten von Vollkörpern, metakognitive Unterstützung bei der Planung ihrer Experimente, weshalb zwei metakognitive Prompts zur Unterstützung bei der Planung (z.B. „Wie könntest du die Würfel aussuchen, um den Einfluss des Volumens/der Masse zu untersuchen?“) des Experiments und später zur kritischen Reflexion über das vorherige geplante Experiment eingesetzt werden.

Ergebnisse. Lernförderliche Voraussetzungen. Schüler:innen schätzen ihre Fähigkeiten in den Naturwissenschaften vor der Intervention hoch ein ($1.79 \leq M \leq 1.90$), ebenso ihr Interesse

an Lerncomcis (.95≤*M*≤1.36) und die aktuelle Motivation (1.93≤*M*≤2.22), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Schüler:innen über ein erhöhtes Maß an Motivation und stärkerem Selbstkonzept verfügten, bevor sie mit dem selbstständigen Planen ihrer Experimente begannen (Maximalwert für alle Skalen = 3). Ein signifikanter Zuwachs des Interesses am Lerncomic ($F(1, 237)=77.586$, $p<.001$, $\eta 2=0.247$) konnte in allen Gruppen gemessen werden ($F(4, 237)=1.016$, $p=.400$). Das Selbstkonzept verblieb ohne signifikanten Zuwachs konstant in allen Gruppen auf hohem Niveau (1.81≤*M*≤1.92), während die aktuelle Motivation nur in der EG1 sig. anstieg, aber in der EG3 deskriptiv abnahm. VKS-Anwendung. Um mögliche Unterschiede zwischen den fünf Gruppen hinsichtlich ihres Planungsverhaltens zum Messzeitpunkt t1 und t2 zu identifizieren, erfolgte zunächst eine deskriptive Auswertung der VKS-Anwendung in den einzelnen Gruppen. Hierzu konnten bei der Wahl der Würfelpaare vier Experimentierstrategien identifiziert werden bei denen Lernende gar keine Strategie (k-S), keine VKS (k-VKS, z.B. nur Extremwertstrategie), die VKS mit falscher Variable (VKS-f) oder die VKS mit richtiger Variable (VKS-r) anwandten (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: *Häufigkeiten der Strategie-Anwendung pro Gruppe*.

Strategien	**EG1 (*n*)**		**EG2 (*n*)**		**EG3 (*n*)**		**KG (*n*)**	
	$\mathbf{t_{VKS-1}}$	$\mathbf{t_{VKS-2}}$	$\mathbf{t_{VKS-1}}$	$\mathbf{t_{VKS-2}}$	$\mathbf{t_{VKS-1}}$	$\mathbf{t_{VKS-2}}$	$\mathbf{t_{VKS-1}}$	$\mathbf{t_{VKS-2}}$
k-S	10	8	13	13	8	11	15	16
k-VKS	2	1	1	2	5	0	0	0
VKS-f	5	8	7	4	2	4	4	6
VKS-r	10	11	15	13	8	14	14	15

Anmerkungen: k-S = keine Strategie, k-VKS = keine Variablenkontrollstrategie, VKS-f= VKS mit falscher Variable, VKS(r) = VKS mit richtiger Variable, $\mathbf{t_{VKS-1}}$, $\mathbf{t_{VKS-2}}$ = Messzeitpunkt der VKS-Anwendung

Es zeigt sich deskriptiv, dass die metakognitiven Prompts zur intendierten Wirkung führten, die sich einerseits in der Häufigkeitszunahme für die VKS-Anwendung mit richtiger Variable in der EG1 zeigt und andererseits in der Abnahme für die Anwendung ohne VKS („keine VKS“) sowie gar keiner Strategie. Die positive Zunahme fällt am stärksten in der EG3 aus. Es kann vermutet werden, dass die vorherige kognitive Auseinandersetzung mit den zu untersuchenden Variablen (Chang et al., 2008) in Kombination mit der metakognitiven Unterstützung beim systematischen Planen ihrer Experimente zu einem besseren Verständnis der VKS und damit einhegend zu ihrer Anwendung führte. Im Gegensatz zur EG1 nimmt die Anzahl der Anwendungen ohne Strategie („keine Strategie“) in EG3 zu, die möglicherweise auf einer Überforderung der Schüler:innen mit geringem Strategiewissen aufgrund der Verarbeitung verschiedener Promptarten beruht und/oder umgekehrt bei Schüler:innen mit hohem Strategiewissen zu lernhinderlichen Effekten geführt haben könnten (Expertise-Reverse-Effekt; Kalyuga, 2007). Zusammenfassend führt die Lernumgebung „Mission Aqua“ zu lernförderlichen Voraussetzungen für das selbstregulierte Lernen von Schüler:innen beim digitalen Experimentieren. Die metakognitiven Prompts und selbige in Kombination mit den kognitiven Prompts führen deskriptiv zu der intendierten Wirkung der adäquaten VKS-Anwendung.

Ausblick. Weitere Datenauswertungen u.a. der kognitiven Promptwirkung auf die Wissensakquise und das Strategiewissen im Bereich der Variablenkontrolle werden folgen. Zukünftige experimentelle Studien sollen die pilotierten kognitiver und metakognitiver Prompts in einem experimentellen 2x2-Design mit einer größeren Stichprobe untersuchen.

Literatur

Artelt, C., & Wirth, J. (2014). Kognition und Metakognition. In: T. Seidel & A. Krapp (Hg.), *Lehrbuch Pädagogische Psychologie* (S. 167–192). Weinheim: Beltz

Bannert, M. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*(2), 139-145

Brandenburger, M., Salim, C. A., Schwichow, M., Wilbers, J., & Mikelskis-Seifert, S. (2022). Modellierung der Struktur der Variablenkontrollstrategie und Abbildung von Veränderungen in der Grundschule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *28*(1), 5

Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, *51*(4), 1486-1498

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, *70*(5), 1098-1120

Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking.". *Journal of Educational Psychology*, *98*, 307-326

Huang, C. (2011). Self-concept and academic achievement: A metaanalysis of longitudinal relations. Journal of School Psychology, 49, 505–528.

Jungbluth, J., Mikelskis-Seifert, S., & Künsting, J. (2022, September). *Schwimmen und Sinken verstehen durch eine digitale Comic-Lernumgebung*. Beitrag präsentiert an der 49. Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Aachen, Deutschland.

Jungbluth, T., Mikelskis-Seifert, S., & Künsting, J. (2023). Schwimmen und Sinken digital verstehen. Untersuchung des Schwimmverhaltens von Körpern im Comic Lab "Mission Aqua." *MNU Journal*, *76*(5), 407-413

Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational psychology review*, *19*, 509-539

Künsting, J., Kempf, J., & Wirth, J. (2013). Enhancing scientific discovery learning through metacognitive support. *Contemporary Educational Psychology*, 38(4), 349-360.

Mikelskis-Seifert, S., & Duit, R. (2010). Erfolgreicher unterrichten durch „Physik im Kontext"? Die Evaluation des Projektes: Evaluationsdesign und Ergebnisse. In: Duit, R., Mikelskis-Seifert, S: *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Sonderband Unterricht Physik, 14-16

Osborne, R. E. (1996). *Self: An eclectic approach*. Boston, MA: Allyn and Bacon

Perkins, D. N., & Grotzer, T. A. (2005). Dimensions of causal understanding: The role of complex causal models in students' understanding of science. *Studies in Science Education*, *41*(1), 117-165

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern-und Leistungssituationen (Langversion, 2001). *Diagnostica*, *2*, 57-66

Salim, C. A., Schwichow, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2023). Schwimmen und Sinken anhand einer Matrix verstehen. *MNU Journal*, *76*(1), 32-35

Zimmerman, C., & Croker, S. (2013). Learning science through inquiry. In G. Feist & M. Gorman (Eds.), *Handbook of the psychology of science* (pp. 49–70). New York, NY: Springer

Axel Langner[1] [1]Universität Gießen
Nicole Graulich[1]

Mit Blick zurück einen Schritt vor: Eine blickbewegungsgestützte Retrospektive

Ausgangslage und theoretischer Rahmen

Das Lösen von Problemen kann als Kompetenz des 21. Jahrhunderts angesehen werden (Voogt & Roblin, 2012). Besonders in der Chemie ist die Problemlösekompetenz mit einer domänenspezifischen Repräsentationskompetenz verknüpft (Kozma & Russell, 2005). In der Organischen Chemie werden symbolisch-ikonische Repräsentationen verwendet (Hoffmann & Laszlo, 1991) aus denen Chemiker*innen implizite Informationen mithilfe chemischer Konzepte ableiten müssen, um auf chemische Eigenschaften schließen zu können (Goodwin, 2010). Lernende der Organischen Chemie haben oft Schwierigkeiten beim Ableiten dieser impliziten Eigenschaften, da sie oft auf Heuristiken zurückgreifen (Talanquer, 2014) oder sich auf oberflächliche Merkmale konzentrieren (Graulich, Hedtrich & Harzenetter, 2019). Zwar konnten Studien in anderen Disziplinen zeigen, dass unterschiedliche Lerninstruktionen eingesetzt werden könnten, um Lernende mit einem bestimmten Vorwissensniveaus beim Problemlösen zu unterstützen (z. B. *Example-Based Learning* (van Gog & Rummel, 2010)), jedoch fehlt es derzeit im Sinne der *Differentiated Instruction* (Tomlinson, 2017) weitestgehend an Instruktionsansätzen, welche die individuellen Bedürfnisse von Lernenden berücksichtigt und diese in ihrem Problemlöseprozess im Umgang mit organisch-chemischen Repräsentationen unterstützen. Ein möglicher differenzierender Instruktionsansatz könnte hierbei die Reflexion über den eigenen Problemlöseprozess darstellen, da das kritische Hinterfragen eigener zugrundeliegender Annahmen bei der Anwendung von Fachwissen eine Möglichkeit sein kann neue Erkenntnisse zu gewinnen (Ng, Kinsella, Friesen & Hodges, 2015). Dieser Prozess kann einerseits durch angeleitete Reflexionen (Boud, Keogh & Walker, 1985) und andererseits zusätzlich durch die Präsentation sensorbasierter Daten unterstützt werden, welche dem Lernenden ansonsten nicht zugänglich wären (Fleck & Fitzpatrick, 2010). Besonders in Domänen mit komplexen Repräsentationen, wie in der Organischen Chemie, könnten die eigenen Blickbewegungen den Reflektierenden neue Informationen über den visuellen und konzeptuellen Verarbeitungsprozess liefern. So könnten Lernende in einer blickbewegungsgestützten Retrospektive über ihren Problemlöseprozess reflektieren, weitere konzeptuelle Ressourcen aktivieren (diSessa, 1993; Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005), einen produktiven *Sensemaking*-Prozess durchlaufen (Odden & Russ, 2019) und idealerweise Konsequenzen für zukünftige Problemlösesituationen ableiten. Das Potenzial einer solchen retrospektiven Betrachtung der eigenen Blickbewegungen zur Förderung von Reflexionsprozessen wurde jedoch bisher nicht erforscht.

Forschungsziel

In einer explorativen Studie wurde untersucht, inwiefern eine blickbewegungsgestützte Retrospektive Studierende in der Organischen Chemie anregen kann über ihren Problemlöseprozess zu reflektieren. Dabei wurde untersucht, welche Reflexionsmuster sich während der Retrospektive beobachten lassen (FF1) und inwiefern die strukturelle Komplexität dieser Reflexionsmuster mit produktiven, konzeptuellen *Sensemaking*-Prozessen zusammenhängt (FF2).

Studiendesign

22 Studierende der Organischen Chemie lösten insgesamt drei Aufgabensets zu verschiedenen Kontexten der Organischen Chemie (Stereochemie, Brønsted-Säuren, Elektrophilie). Jedes Aufgabenset beinhaltete eine pre-Aufgabe, das semi-strukturierte, blickbewegungsgestützte Retrospektive-Interview (siehe Abb. 1) und eine post-Aufgabe.

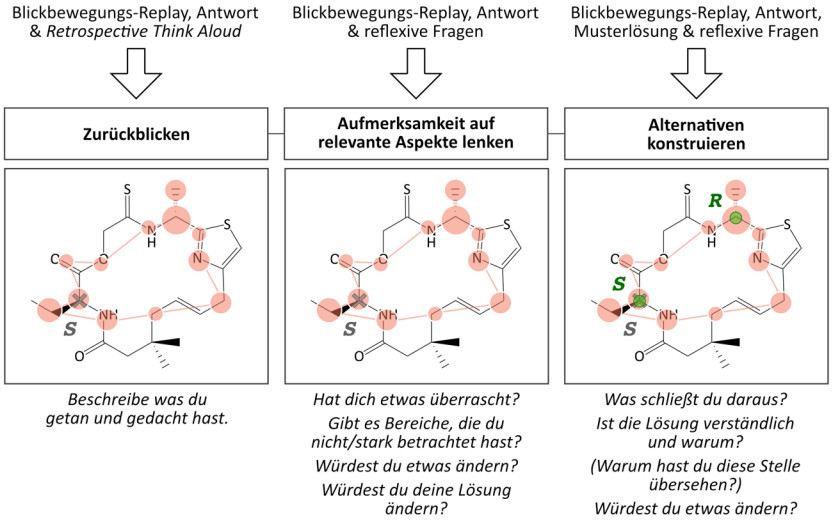


Abb. 1: Aufbau der blickbewegungsgestützten Retrospektive (angelehnt an ALACT-Modell (Korthagen, 1985))

Datenanalyse

Während der Retrospektive reflektierten die Probanden über mehrere einzelne strukturelle Bereiche in den Molekülen. Pro Aufgabe wurden jeweils zwei charakteristische Analysebereiche ausgewählt, wodurch insgesamt 132 Reflexionsprozesse untersucht wurden. Die Analyse der Reflexionsprozesse erfolgte mehrschrittig. Reflexionselemente (Erfahrungen beschreiben, Herausforderung identifizieren, Alternativen suchen, Konsequenzen ableiten) innerhalb der Reflexionsprozesse wurden dichotom kodiert. Je nach Kombination der vergebenen Codes wurden die Reflexionsprozesse in Reflexionsmuster kategorisiert und die Entstehung der Reflexionsmuster über den Verlauf der drei Phasen der Retrospektive hinweg untersucht (FF1). Anschließend wurden ausgewählte Beispiele hinsichtlich des produktiven, konzeptuellen *Sensemaking*-Prozesses gegenübergestellt und das visuelle Problemlöseverhalten dieser vor und nach der Retrospektive verglichen (FF2).

Ergebnisse

Insgesamt ließen sich fünf Reflexionsmuster beobachten: deskriptiv, nicht-elaboriert, Alternativen-orientiert, Konsequenzen-orientiert und elaboriert. Bei Betrachtung der Entwicklung der Reflexionsmuster zeigte sich, dass der Großteil der Reflexionsprozesse in den ersten beiden Phasen der Retrospektive auf einem deskriptiven oder nicht-elaborierten Niveau verblieben (erste Phase: 88 %; zweite Phase 69 %). Erst in der letzten Phase wechselte ein Großteil der Reflexionsprozesse auf ein Konsequenzen-orientiertes oder elaboriertes Niveau (60%). Folglich ist ein blickbewegungsaugmentiertes *Retrospective Think Aloud* (erste

Phase der Retrospektive) nicht ausreichend um strukturell-komplexere Reflexionsprozesse anzuregen. Jedoch können weitere Elemente der Retrospektive (z. B. reflexive Fragen, Musterlösung) zu strukturell-komplexeren Reflexionsprozessen führen (FF1). Weiterhin konnte beobachtet werden, dass trotz gleicher strukturellerer Komplexität sich die Reflexionsprozesse im produktiven, konzeptuellen *Sensemaking* unterscheiden (FF2). Beispielsweise in einer Aufgabe zur Identifikation von elektrophilen Zentren zeigte sich in Marias elaboriertem Reflexionsprozess über ein nicht-erfolgreich identifiziertes β-Kohlenstoffatom einer α,β-ungesättigten Carbonylgruppe, dass Maria zusätzliche konzeptuelle Ressourcen zum Mesomerie-Konzept aktivieren konnte und so die Konsequenzen ableitete, in Zukunft verstärkt auf Mesomerie zu achten und ihren Blick auszuweiten. Dies resultierte in einer gleichmäßigeren Verteilung der Blickdauer über die α,β-ungesättigte Carbonylgruppe, mehr Transitionen zwischen der Doppelbindung und der Carbonylgruppe und der erfolgreichen Identifikation des β-Kohlenstoffatoms der α,β-ungesättigten Carbonylgruppe in der post-Aufgabe (siehe Abb. 2, links). Im Gegensatz dazu konnte James in seinem elaborierten Reflexionsprozess sich zu diesem Zentrum keinen Sinn erschließen und zog die Konsequenz, in Zukunft verstärkt auf die Doppelbindung zu achten und, sofern er die gleiche Struktur wiedererkennen würde, diese einfach zu markieren. Die resultierte dazu, dass James in der post-Aufgabe eine erhöhte Blickdauer auf der Doppelbindung aufwies, deutlich mehr Transitionen zwischen der Doppelbindung und der Carbonylgruppe zeigte und letztendlich das falsche Kohlenstoffatom markierte (siehe Abb. 2, rechts).

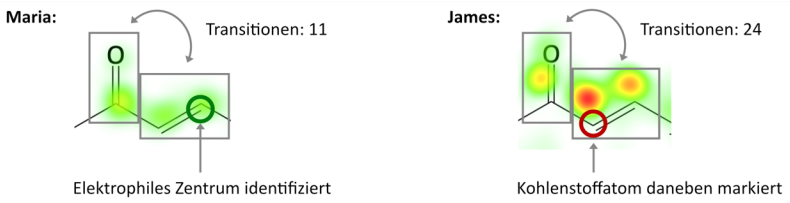


Abb. 2: Marias und James Performanz bei der α,β-ungesättigten Carbonylgruppe in der post-Aufgaben zur Identifikation von elektrophilen Zentren. Rote Bereiche weisen auf eine erhöhte Blickdauer hin.

Implikationen

Durch die blickbewegungsgestützte Retrospektive konnten verschiedene Reflexionsprozesse angeregt werden, die sich sowohl in der Struktur der Reflexion und in ihrem Maß an produktiven, konzeptuellen *Sensemaking* unterscheiden. Die Ergebnisse der explorativen Studie weisen darauf hin, dass verschiedene Aspekte der Retrospektive zu einer erhöhten strukturellen Komplexität der Reflexionsprozesse führen können, dies jedoch nicht direkt produktives, konzeptuelles *Sensemaking* impliziert. Die blickbewegungsgestützte Retrospektive zeigt das Potenzial eines differenzierenden Instruktionsansatzes, jedoch bedarf es noch weiterer Optimierungen. Die Ergänzung durch *Scaffolding* (Wood, Bruner & Ross, 1976) zur metakognitiven Unterstützung der eigenen Reflexionsstruktur oder der Einsatz von *Machine Learning* Feedback zur Adaption der Retrospektive an das Vorwissen der Lernenden könnte Gegenstand zukünftiger Forschung werden.

Literatur

Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1985). Reflection: Turning experience into learning. Routledge.

diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10 (2/3), 105-225

Fleck, R., & Fitzpatrick, G. (2010). Reflecting on reflection: framing a design landscape. Proceedings of the 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group of Australia on Computer-Human Interaction

Goodwin, W. (2010). How do Structural Formulas Embody the Theory of Organic Chemistry? The British Journal for the Philosophy of Science, 61 (3), 621-633

Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? Chemistry Education Research and Practice, 16 (1), 9-21

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources , framing , and transfer. In J. P. Mestre (Ed.), Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective. Greenwich: Information Age Publishing, 89-119

Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in Chemistry. Angewandte Chemie International Edition in English, 30 (1), 1-16

Korthagen, F. A. (1985). Reflective teaching and preservice teacher education in the Netherlands. Journal of teacher education, 36 (5), 11-15

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), Visualization in Science Education. Netherlands: Springer, 121-145

Ng, S. L., Kinsella, E. A., Friesen, F., & Hodges, B. (2015). Reclaiming a theoretical orientation to reflection in medical education research: a critical narrative review. Medical Education, 49 (5), 461-475

Odden, T. O. B., & Russ, R. S. (2019). Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. Science Education, 103 (1), 187-205

Talanquer, V. (2014). Chemistry Education: Ten Heuristics To Tame. Journal of Chemical Education, 91 (8), 1091-1097

Tomlinson, C. A. (2017). How to differentiate instruction in academically diverse classrooms. ASCD.

van Gog, T., & Rummel, N. (2010). Example-Based Learning: Integrating Cognitive and Social-Cognitive Research Perspectives. Educational Psychology Review, 22 (2), 155-174

Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. Journal of Curriculum Studies, 44 (3), 299-321

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. Journal of child psychology and psychiatry, 17 (2), 89-100

Viktoria Katrin Helms[1]
Larissa Hahn[1]
Pascal Klein[1]

[1]Universität Göttingen

Blickverhalten im Umgang mit Diagrammen zur Ausbreitung mechanischer Wellenpulse

Das Themengebiet der Mechanik ist reichhaltig an Diagrammen, die Raum- und Zeitinformationen bewegter Objekte darstellen. Speziell in der Wellenphysik tritt dabei die Herausforderung auf, Ausbreitungen in Raum *und* Zeit diagrammatisch zugänglich zu machen. Ein typischer Umgang mit diesem Problem besteht darin, eine (eindimensionale) Welle mit Auslenkung $\mathrm{u}(x,t)$ zu einem festen Zeitpunkt t_0 in einem $\mathrm{u}(x,t_0)$-Diagramm zu betrachten. Bisherige empirische Studien berichten von studentischen Schwierigkeiten, die zeitliche Entwicklung eines solchen Wellenpulses in einem derartigen Diagramm zu evaluieren. Die vorgestellte Studie schließt an diese Forschungsrichtung an und präsentiert erste Analyseergebnisse von Blickdaten aus einer qualitativen Fallstudie mit $N = 12$ Physikstudierenden bei der Beurteilung der Geschwindigkeit in einzelnen Punkten auf dem Wellenpuls. Im Vergleich zwischen korrekt und inkorrekt antwortenden Studierenden zeigen sich visuelle Verhaltensweisen, die mit typischen Studierendenschwierigkeiten assoziiert werden können und Einblicke in diagrammspezifische Strategien ermöglichen.

Theoretischer Hintergrund

Die visuelle Darstellungsform als Diagramm ist zentral für das Lernen und Lehren mechanischer Inhalte (Poluakan, 2019). Eine typische Darstellungsform in der Wellenphysik ist dabei das $\mathrm{u}(x,t_0)$-Diagramm eines eindimensionalen Wellenpulses, das die Auslenkung einzelner Schwinger zum Zeitpunkt t_0 visualisiert. In der physikalischen Anwendung ist typischerweise die zeitliche Entwicklung des Wellenpulses und damit die Geschwindigkeit einzelner Schwinger, dargestellt als einzelne Punkte auf dem Puls, von Interesse. In vorangegangenen Arbeiten zeigten Lernende Schwierigkeiten damit, zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle und der transversalen Geschwindigkeit der Materie zu unterscheiden (Sadler et al., 1999). Darüber hinaus stellten Rangkuti und Karam (2022) fest, dass Studierende das Profil $\mathrm{u}(x,t_0)$ oftmals als Bewegungstrajektorie deuteten, so als ob die einzelnen Punkte sich entlang des Graphen bewegen würden. Dies wird von den Autoren der Studie als *rollercoaster erraneous reasoning* bezeichnet und stimmt mit der Vorstellung von einem Wagen auf einer Bahn, wie Hopf und Wilhelm (2018) sie beschreiben, überein.

Da die visuelle Informationsentnahme bei Aufgaben diesen Typs zentral ist, wird in der vorliegenden Studie Eye-Tracking genutzt. Diese Methode wurde bereits in einer Vielzahl von Arbeiten verwendet, um Einblicke in den Umgang mit Diagrammen und die zugrundeliegenden kognitiven Prozesse zu erhalten (Hahn & Klein, 2022). Klein et al. (2021) nutzten diese beispielsweise, um anhand der Bewegungsrichtung des Blicks, d. h. der Sakkadenwinkel, visuelle Problemlösestrategien und Verhaltensweisen bei der darstellungsspezifischen Evaluation eines Vektorfelddiagramms zu identifizieren und zu charakterisieren. Auch jenseits von Vektorfeldern erwies sich Eye-Tracking als wertvolle Methode zur Identifikation von Blickmustern und Lernschwierigkeiten beim Umgang mit disziplinspezifischen Darstellungsformen (Langendorf et al., 2022; Rosengrant et al., 2009).

Forschungsfrage

Wie unterscheidet sich das Blickverhalten korrekt und inkorrekt antwortender Studierender bei der Beurteilung der Geschwindigkeit in einzelnen Punkten eines eindimensionalen Wellenpulses in einem $u(x, t_0)$-Diagramm?

Material und Methoden

Die Stichprobe besteht aus 12 Physikstudierenden (B.Sc., M.Sc. und B.A. Lehramt) an der Universität Göttingen. Die Analyse konzentriert sich auf ein $u(x, t_0)$-Diagramm eines sich vertikal ausbreitenden Wellenpulses, das den Studierenden gezeigt wurde (Abb. 1). Die Studierenden sollten das Vorzeichen der Bewegungsrichtung in den Punkten 1 bis 4 auf dem Graphen bestimmen. Eine expertenhafte Lösung dieser Aufgabe beruht dabei auf der Imagination des Wellenprofils zu einem späteren Zeitpunkt, d. h. in y-Richtung verschoben. So kann die horizontale Verschiebung des betrachteten Punktes nachvollzogen werden. Bei der Aufgabenbearbeitung wurde das Blickverhalten der Studierenden mit einem stationären Eye-Tracker (Tobii Pro Fusion, 120 Hz) erfasst. Die Auswertung der Blickdaten umfasst eine qualitative Untersuchung von Aufmerksamkeitsverteilungen (Heat Maps) auf dem Diagramm sowie eine quantitativ-lokale Analyse der Sakkadenwinkel um den Punkt 1 des Graphen (Abb. 1) im Vergleich zwischen Studierenden, die die Aufgabe korrekt und inkorrekt lösten.

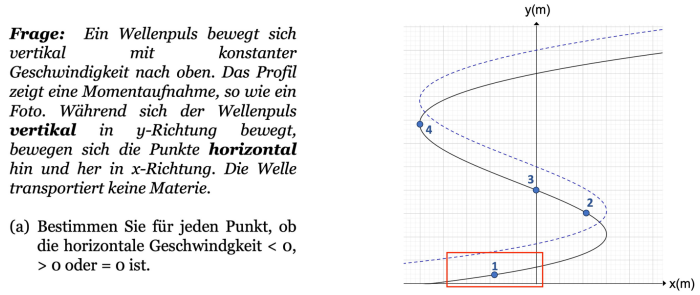


Abb. 1: Aufgabe zur Analyse der zeitlichen Entwicklung eines eindimensionalen Wellenpulses. Die blau gestrichelte Linie zeigt die Verschiebung des Pulses zu einem späteren Zeitpunkt und wurde im Original nicht dargestellt. Die Analyse der Sakkadenwinkel erfolgte für Sakkaden innerhalb einer AOI (Area of Interest) um den Punkt 1 auf dem Graphen (rotes Kästchen).

Ergebnisse

In den Heat Maps ist erkennbar, dass inkorrekt antwortende Studierende vorwiegend den Bereich des Graphen nahe der zu beurteilenden Punkte fokussierten (Abb. 2, links). Ihr Blickverhalten orientierte sich dabei an der Form des Graphen. Korrekt antwortende

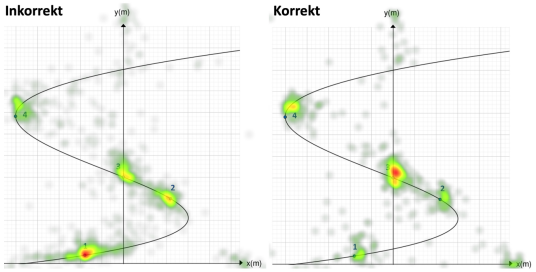


Abb. 2: Aufmerksamkeitsverteilungen (Heat Maps) inkorrekt (links) und korrekt (rechts) antwortender Studierender.

Studierende hingegen richteten ihre Aufmerksamkeit zusätzlich auf Bereiche außerhalb des Graphen, vor allem oberhalb der betrachteten Punkte (Abb. 2, rechts).
Darüber hinaus wurden das Blickverhalten um den Punkt 1 auf dem Graphen bei inkorrekt antwortenden Studierenden durch horizontale Sakkaden dominiert; weitere Blickrichtungen traten kaum bis gar nicht auf (Abb. 3, links). Bei korrekt antwortenden Studierenden hingegen waren die Blickrichtungen sehr diffus, mit vielen schrägen Sakkaden vor allem in vertikaler Richtung (Abb. 3, rechts).

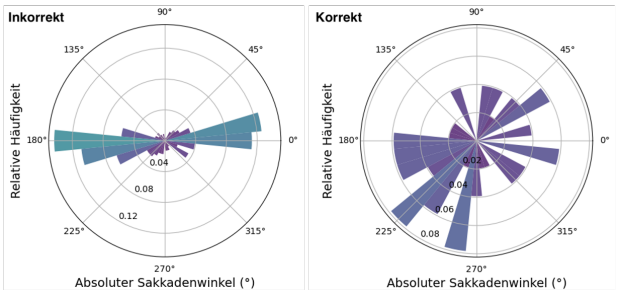


Abb. 3: Polare Auftragung der Sakkadenwinkel um den Punkt 1 im Vergleich von inkorrekt (links) und korrekt (rechts) antwortenden Studierenden. Auf der radialen Achse sind die relativen Häufigkeiten der Sakkadenwinkel in 10°-Intervallen angegeben.

Diskussion und Ausblick

Die qualitative Blickdatenanalyse anhand der Heat Maps von korrekt und inkorrekt antwortenden Studierenden ergibt, dass inkorrekte Antworten mit einer Aufmerksamkeitsakkumulation auf dem Graphen an den betrachteten Punkten einhergehen. Darüber hinaus zeigen die Sakkadenrichtungen um den Punkt 1, dass das Blickverhalten inkorrekt antwortender Studierender sich an der Form des Graphen orientiert. Dies legt eine Vorstellung der Wellenbewegung als *rollercoaster* nahe (Rangkuti & Karam, 2022). Im Gegensatz zu inkorrekt antwortenden Studierenden fokussierten korrekt antwortende Studierende auch Bereiche außerhalb des Graphen. Diese lagen dabei vor allem oberhalb des betrachteten Punktes, was mit der expertenhaften Vorgehensweise einer Imagination der Welle zu einem späteren Zeitpunkt assoziiert werden kann. Zudem kann ihr durch eine diffuse Verteilung der Sakkadenrichtungen charakterisiertes Blickverhalten um den Punkt 1 ein Hinweis auf vergleichende und integrative Verhaltensweisen sein (Klein et al., 2021).
Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die visuelle Aufmerksamkeit der Studierenden eng mit ihren Problemlösestrategien und ihrem Verständnis der Wellenausbreitung zusammenhängt. Inkorrekte Antworten gehen dabei mit Blickbewegungen einher, die sich an Oberflächenmerkmalen orientieren, während das Blickverhalten korrekt antwortender Studierender ein bewusstes visuelles Vorgehen widerspiegelt (Becker et al., 2022; Rodriguez et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Pilotstudie können als Startpunkt für eine prozedurale Charakterisierung von Lernschwierigkeiten sowie (effektiven) Problemlösestrategien im Umgang mit der Darstellung $\mathrm{u}(x, t_0)$ einer eindimensionalen Welle dienen.

Literatur

Becker, S., Küchemann, S., Klein, P., & Lichtenberger, A. (2022). Gaze patterns enhance response prediction: More than correct or incorrect. Physical Review Physics Education Research, 18 (2), 020107

Hahn, L. & Klein, P. (2022). Eye tracking in physics education research: A systematic literature review. Physical Review Physics Education Research, 18 (1), 013102

Hopf, M., & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen zu Feldern und Wellen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum, 195-208

Klein, P., Hahn, L., & Kuhn, J. (2021). Einfluss visueller Hilfen und räumliche Fähigkeiten auf die graphische Interpretation von Vektorfeldern: Eine Eye-Tracking-Untersuchung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27, 181-201

Langendorf, R., Scheider, S., & Klein, P. (2022). Extracting information from the Hertzsprung-Russell diagram: An eye-tracking study. Physical Review Physics Education Research, 18 (2), 020121

Poluakan, C. (2019) The importance of diagrams representation in physics learning. Journal of Physics: Conference Series, 1317, 012175

Rangkuti, M. A. & Karam, R. (2022). Conceptual challenges with the graphical representation of the propagation of a pulse on a string. Physical Review Physics Education Research, 18 (2), 020119

Rodriguez, J. M. G., Bain, K., Hux, N. P., & Towns, M. H. (2019). Productive features of problem solving in chemical kinetics: More than just algorithmic manipulation of variables. Chemistry Education Research and Practice, 20 (1), 175-186

Rosengrant, D., Thomson, C., & Mzoughi, T. (2009). Comparing experts and novices in solving electrical circuit problems with the help of eye-tracking. AIP Conference Proceedings, 1179 (1), 249-252

Sadler, P. M., Whitney, C. A., Shore, L., & Deutsch, F. (1999). Visualization and representation of physical systems: Wavemakers as an aid to conceptualizing wave phenomena. Journal of Science Education and Technology, 8, 197-208

Wittmann, M. (1998). Making Sense of How Students Come to an Understanding of Physics: An Example from Mechanical Waves. University of Maryland: Dissertation

Björn Risch
Isabel Jupke

Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

Nachhaltigkeit als Querschnittsthema – MINT-Kurse für 8 bis 12-jährige

Mit der Agenda 2030 hat sich die Weltgemeinschaft 17 Ziele (Sustainable Development Goals, SDGs) für eine nachhaltige Entwicklung gesetzt. Aktuelle Lehrpläne sehen die Integration der Nachhaltigkeitsziele vor, insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass die SDGs im Bildungssystem bislang nur vereinzelt, wahrgenommen und implementiert werden (Müller-Christ et al., 2018). Außerschulische Lernorte könnten als Motoren für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung fungieren. An der Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) haben sich 2023 acht außerschulische Lernorte vernetzt und 25 Kurse sowie eine Abschlussvorlesung für Kinder im Alter von acht bis zwölf Jahren zum Thema „MINT und Nachhaltigkeit" angeboten. Die Teilnehmenden wurden mittels der erweiterten 2-MEV-Skala von Bogner (2018) hinsichtlich ihrer Umwelteinsteinstellung und Naturverbundenheit befragt (Pre/Post). Zusätzlich füllten sie nach jeder Veranstaltung einen Kurzfragebogen zum aktuellen Interesse aus. Im Rahmen des Beitrags werden das Gesamtkonzept, prototypische Kursinhalte sowie die empirische Begleitforschung vorgestellt und diskutiert.

MINT-Bildung im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung

Wie lassen sich verstärkt Kinder und Jugendliche für den MINT-Bereich begeistern? Dies könnte durch ein Zusammendenken von MINT und dem Thema „Nachhaltigkeit" gelingen, indem hierdurch unter anderem die Sinnhaftigkeit der MINT-Fächer für die Zukunftsgestaltung hervorgehoben wird. Die Nachhaltigkeitsziele stellen bei einer Bezugnahme (beispielsweise) auf regionale Phänomene und Problemstellungen einen hervorragenden Rahmen ganzheitlich orientierter MINT-Bildungsprozesse dar, die allgemeine Problemlösefähigkeiten, mathematisch-naturwissenschaftliches Verständnis, kritisches und systemisches Denken sowie wertebezogene Zugangsweisen erfordern.

MINT-Mitmach-Pass an der RPTU

Mit der Initiierung des MINT-Mitmach-Passes erarbeiteten acht außerschulische Lernorte an 2023 neu gegründeten RPTU ein Programm, dass Begeisterung und Freude bei Kindern und Jugendlichen der Pfalz für MINT entfachen sollte – im Rahmen von außerschulischen Angeboten, die MINT mit einer Bildung für nachhaltigen Entwicklung (BNE) verknüpfen. Zur Umsetzung der Projektidee wurden an den teilnehmenden Lernorten an 25 Nachmittagen (jeweils 120 min) Kurse im Kontext MINT & Nachhaltigkeit für Kinder und Jugendliche zwischen 8 und 12 Jahren angeboten. Den Abschlusstermin bildete eine altersgerechte Vorlesung im Kontext Nachhaltigkeit im Hörsaal der Universität am Campus Landau. Der MINT-Mitmach-Pass wurde vom Zentrum für Bildung und Forschung an außerschulischen Lernorten (ZentrAL) organisiert. Es war das erste gemeinsame Projekt der außerschulischen universitären RPTU-Lernorte aus Landau und Kaiserslautern. Die Teilnahme war kostenfrei und jede/jeder konnte so oft teilnehmen, wie sie/er wollte. Beim ihrem jeweils ersten Kurs erhielten die Kinder und Jugendlichen vor Ort einen MINT-Mach-Pass (A7-Format). Für jede besuchte Veranstaltung gab es einen Sticker zum Einkleben in den Pass. Bei sechs oder mehr Kursteilnahmen erhielten die Teilnehmenden im Rahmen der Abschlussvorlesung einen attraktiven Preis (z. B. Eintrittskarten in ein Science Center).

Insgesamt besuchten 111 Kinder (46% weiblich, Altersdurchschnitt: 9,3 Jahre) die verschiedenen Kursangebote. Im Schnitt nahmen sie an 2,1 Kursen teil, wobei 10 Kinder mehr als sechs Kurse belegten. Die inhaltliche Leitlinie bei der Ausgestaltung der Kurse bildeten die Nachhaltigkeitsziele zu Sauberes Wasser (SDG 6), Maßnahmen zum Klimaschutz (SDG 13), Leben unter Wasser (SDG 14) und Leben an Land (SDG 15), die aus der fachspezifischen Sicht des jeweiligen außerschulischen Lernorts (z. B. Mathematik, Physik, Chemie etc.) erarbeitet wurden. Bei der Auswahl der vier SDGs handelt es sich um die nicht verhandelbaren planetaren Belastbarkeitsgrenzen (Rockström & Sukhdev, 2016). Nachfolgend wird exemplarisch einer der Kurse skizziert.

Kursangebot in der Nawi-Werkstatt zum Thema „Kostbares Nass“

Im Rahmen des MINT-Mitmach-Passes wurden drei unterschiedliche Kurse am außerschulischen Lernort „Nawi-Werkstatt“ angeboten: „Kostbares Nass“ (SDG 6), „Meereszauber“ (SDG 14) sowie „Land in Sicht“ (SDG 15). Ziel des ersten Kurses war es, die Teilnehmenden für die Kostbarkeit der Ressource Wasser zu sensibilisieren, sie zu einem nachhaltigen Umgang mit ihr zu motivieren sowie ein Bewusstsein für die global gesehen ungleiche und ungerechte Wasserversorgung zu initiieren (Rieckmann, 2020). Schließlich leben zwei Milliarden Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser. Es sterben jeden Tag fast 1.000 Kinder an vermeidbaren wasser- und sanitärbedingten Durchfallerkrankungen. In vielen Ländern ist beispielsweise das Wasser aus den Brunnen häufig nicht sauber oder der Brunnen pumpt gar kein Wasser mehr an die Oberfläche. Zudem wird mehr als 80 Prozent des Abwassers, das durch menschliche Aktivitäten entsteht, ohne Aufbereitung in Flüsse oder ins Meer eingeleitet (United Nations, o. D.). Das methodisch-didaktische Kurskonzept orientierte sich an den BNE-Zieldimensionen „Motivation“, „Erkennen und Verstehen“, „Werte und moralische Optionen“, „Reflektieren und Bewerten“ sowie „Handeln“ (Kauertz et al., 2020) . Im Mittelpunkt stand die Bearbeitung und Diskussion von Experimentierstationen. Dabei befasste sich ein Block mit dem Thema „Trinkwasser in anderen Ländern“. Um an das Grundwasser zu gelangen, brauchen Menschen tiefe Brunnen und Pumpen. Dies führt in manchen Ländern zu Problemen, da große Konzerne den Grundwasserspielgel mit größeren Pumpen senken. Die Teilnehmenden nutzen Modellpumpen, um sich diesen Zusammenhang zu verdeutlichen (vgl. Abb. 1).

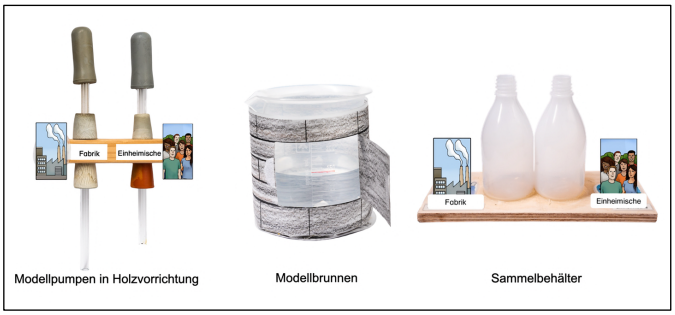


Abb. 1: Modellexperiment zur Station „Wettlauf ums Trinkwasser“

Zudem erfuhren die Kinder, wie sich Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser zu helfen wissen. Dazu probieren sie eigenständig die Reinigungsmethode mit Moringa-Samen aus (Engl, Neff & Risch, 2022). Aufgrund der Heterogenität im Alter der Teilnehmenden wurden Differenzierungsstufen für die schriftlichen Elemente der Lernstationen eingesetzt.

Ergebnisse der Begleitforschung

Das Projekt wurde wissenschaftlich begleitet. Nach jedem der 25 Kurse sowie der Abschlussvorlesung wurde ein Fragebogen mit sieben Items zum aktuellen Interesse eingesetzt (Fechner 2009; Pawek 2009; Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001). Um mögliche Einstellungsänderungen zu identifizieren, füllten alle Teilnehmenden zudem vor ihrer ersten und nach ihrer letzten Veranstaltung einen Online-Fragebogen aus. Hierbei wurde die Umwelteinstellung der Teilnehmenden mittels der erweiterten 2-MEV-Skala von Bogner (2018) erhoben. Bei der Formulierung der Items erfolgt eine Orientierung an Liefländer (2013), die die Bogner-Skala für 9-13-Jährige optimiert hat. Darüber hinaus wurden die Teilnehmenden sowie deren Eltern mittels Online-Fragebogen hinsichtlich eines Feedbacks befragt.

Der Median des aktuellen Interesses liegt bei allen Kursen über 3, sodass diese deskriptiv als interessant eingestuft werden können (Abb. 2). Tendenziell zeigt sich, dass bei den Kursen, wo sich die Teilnehmenden aktiv-handelnd einbringen konnten (z. B. durchs Experimentieren) ein größeres Interesse vorlag. Die klassische Messung der Umwelteinstellung umfasst zwei Faktoren: Preservation of Nature (PRE), misst die Schutzpräferenzen, Utilization of Nature (UTL) quantifiziert die Präferenzen für die Nutzung der Natur. Erweitern lässt sich die Skala um die Wertschätzung der Natur (APR), die im Gegensatz zur UTL die angenehme Nutzung der Natur erfasst (Bogner, 2018). Die Ergebnisse zeigen im Pre-Post-Vergleich keine wesentlichen Einstellungsänderungen der Kinder und Jugendlichen (Abb. 3). Möglicherweise lag dies daran, dass die Kurse nicht explizit dieses Konstrukt bedienten.

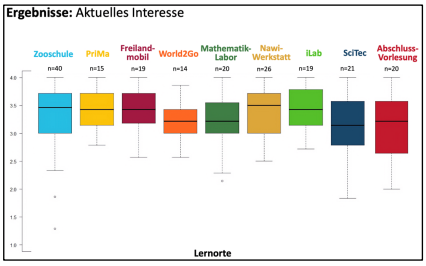


Abb. 2: Ergebnisse „Aktuelles Interesse“

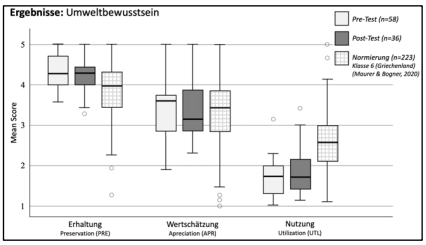


Abb. 3: Ergebnisse „Umweltbewusstsein“

Beim Vergleich mit Schüler:innen aus Griechenland („Normierungsstudie“) fällt auf, dass die Teilnehmenden des MINT-Mitmach-Passes die Ausnutzung der Natur stärker ablehnen als die Vergleichsgruppe. Auf die Frage, was die Kinder besonders gut fanden, waren die meistgenannten Antworten: „Selber experimentieren“, „Vielfalt der Angebote“ sowie „Wissenschaftler:in sein“. Einige merkten an, dass sie sich noch mehr individuelle Redeanteile gewünscht hätten. Das spiegelt auch den Eindruck der Kursleiter:innen wider: Es haben sehr leistungsstarke Kinder und Jugendliche teilgenommen, die „endlich“ einmal die Möglichkeit sahen, ihr Wissen mit „Expert:innen“ zu teilen. Die Eltern gaben im Feedback unter anderem an, dass der Beginn der Kurse auf den späten Nachmittag verlegt werden sollte, damit die Kinder aus Ganztagsschulen besser teilnehmen können. Zudem wünschen sie sich noch mehr Hintergrundinformationen zu den Kursinhalten, zum Beispiel abgelegt auf der Projekthomepage.

Ausblick

Der MINT-Mitmach-Pass wird auch 2024 stattfinden. Um die verschiedenen Altersgruppen besser bedienen zu können, wird es explizit auch Kurse für Kinder im Alter von 8-10 sowie 10-12 Jahren geben. Zudem sollen die Angebote verstärkt in die Lehrpersonenbildung der Universität eingebunden werden, um Studierende in den MINT-Fächern eine Intensivierung der Theorie-Praxis-Verzahnung zu ermöglichen.

Literatur

Bogner, F. X. (2018). Environmental values (2-MEV) and appreciation of nature. *Sustainability*, *10*(2), 350.

Engl, A., Neff, S., & Risch, B. (2022). Strategien zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele (SDGs) im Chemieunterricht – aufgezeigt am Thema Wasseraufbereitung mit Moringa oleifera. *CHEMKON*, *29*(4), 148-156.

Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education* (Vol. 95). Logos Verlag Berlin GmbH.

Kauertz, A., Molitor, H., Saffran, A., Schuber, S., Singer-Brodowski, M., Ulber, D., & Verch, J. (2020). Zieldimensionen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung für Kinder, pädagogische Fachkräfte und Leitungskräfte. In *Frühe Bildung für nachhaltige Entwicklung – Ziele und Gelingensbedingungen.*(pp. 48-119). Barbara Budrich.

Liefländer, A. K. (2013). *Effektivität von Umweltbildung zum Thema Wasser – Empirische Studie zu Naturverbundenheit, Umwelteinstellungen und Umweltwissen* (Doctoral dissertation).

Müller-Christ, G., Giesenbauer, B., & Tegeler, M. K. (2018). Die Umsetzung der SDGs im deutschen Bildungssystem. Studie im Auftrag des Rats für Nachhaltige Entwicklung der Bundesregierung. *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, *41*(2), 19-26.

Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interesseförderndе außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel-und Oberstufe* (Doctoral dissertation).

Rieckmann, M. (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung zum Thema „Verfügbarkeit und nachhaltige Nutzung von Wasser “. *Bildung für nachhaltige Entwicklung im Sachunterricht: Grundlagen und Praxisbeispiele*, *43*, 105.

Rockström, J., & Sukhdev, P. (2016). The SDGs wedding cake. In *Sustainable Development Goals EAT Forum*.

United Nations (o.D.). https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/ [21/10/2023]

Eva Bühler[1]
Markus Rehm[1]
Hendrik Lohse-Bossenz[2]
Markus Wilhelm[3]
Tim Billion-Kramer[4]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[2]Universität Greifswald
[3]Pädagogische Hochschule Luzern
[4]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in der Kita - eine berufliche Anforderung an pädagogische Fachkräfte - ein Vignettentest*

Hintergrund

Neugierige Fragen von Kindern und deren Staunen über ein Phänomen (Van Schijndel et al., 2018) sowie das Ausprobieren an sich, sind keine naturwissenschaftlichen Tätigkeiten. Sie werden im Rahmen früher naturwissenschaftlicher Bildung in Kindertagesstätten erst dann als solche bezeichnet, wenn diese Tätigkeiten an, für die Naturwissenschaft charakteristischen, Denk- und Arbeitsweisen ausgerichtet werden (Leuchter, 2017). Hierdurch lassen sich Anknüpfungspunkte für eine naturwissenschaftliche Grundbildung gewinnen, so dass bereits in der Kita die Förderung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung einsetzen kann (Leuchter, 2017). Lernarrangements in der frühkindlichen Bildung basieren oft auf Alltagssituationen und den Interessen der Kinder, daher bieten sich bestimmte Denk- und Arbeitsweisen besonders an. Kinder können beispielsweise durch Sammeln, Aufräumen oder Wiegen Denk- und Arbeitsweisen wie Vergleichen und Ordnen oder Messen erleben, die bereits in ihren Alltag integriert sind. Gezielte Lerngelegenheiten können ebenfalls zu einer Förderung beitragen (Steffensky et al., 2018). Es lassen sich daher keine spezifischen naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen als besonders geeignet für den Elementarbereich benennen (Steffensky, 2017). Der Fokus liegt vielmehr auf Strategien und Denkweisen, die sowohl im Alltag der Kinder, beispielsweise beim Drachensteigen, Fahrradreparieren oder Verstecken von Weihnachtsgeschenken, als auch im naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht von Bedeutung sind (OP BW, 2011). Die Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen als Beitrag zu einer naturwissenschaftlichen Bildung bringen neue berufliche Anforderungen an pädagogische Fachkräfte in den Kitas mit sich. Allerdings ist über das professionelle Wissen und Können in diesem Anforderungsbereich bislang wenig bekannt.

Fragestellung und Methode

In der Lehrkräftebildung haben sich bei der Erfassung professioneller Wissensinhalte sogenannte Vignettentests in verschiedenen Formaten (Text, Comic und Video) als unterschiedlich geeignet erwiesen (vgl. Rehm & Bölsterli, 2014; Rutsch 2016; Friesen 2017; Syring et al. 2015). Im Projekt EScI-K (Explore Scientific Inquiry – Kindergarten) wird ein Vignettentest entwickelt, um das Professionswissen pädagogischer Fachkräfte im Bereich naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zu erfassen. Bisherige klassische Multiple-Choice-Tests zur Bewertung des Professionswissens von Fachkräften sind aufgrund ihres kontextlosen Formats kaum in der Lage, die Komplexität des Kindergartenalltags angemessen abzubilden. Eine Alternative sind text-, comic- oder videobasierte Vignetten, d.h. kontextualisierte Darstellungen von alltagsnahen Situationen, deren Interpretation naturwissenschaftliches Professionswissen erfordert (vgl. Rehm & Bölsterli, 2014). Die Denk- und Arbeitsweisen können in ihrer Komplexität sehr stark variieren und müssen entsprechend der Altersstufe angepasst werden.

In Situationen, in denen Kinder bereits Erfahrungen und Vorwissen haben, können sie möglicherweise Schlussfolgerungen ziehen, während sie in neuen Situationen nur Vermutungen anstellen, ohne diese begründen zu können (Steffensky, 2017). In Projekt EScI-K wurden jeweils zwei Vignetten für die folgenden Denk- und Arbeitsweisen erstellt: (1) Fragen stellen/Vermuten, (2) Beobachten, (3) Ordnen und Systematisieren und (4) Untersuchungen planen und durchführen. Diese acht Vignetten wurden in den Formaten Text, Comic und Video umgesetzt, was insgesamt 24 Vignetten ergibt. Dabei wurde darauf geachtet, die Menge an Kontextinformationen zu reduzieren und ein einheitliches Farbschema zu verwenden. Die Projektgruppe hat eine Musterlösung basierend auf der Theorie entwickelt. Die zentrale Fragestellung dieses Teils der Studie lautet: *Sind die pädagogischen Fachkräfte in der Lage, Handlungsmöglichkeiten der Musterlösung zu identifizieren?* Die pädagogischen Fachkräfte erhalten eine Auswahl von drei Vignetten in verschiedenen Formaten und werden gebeten, schriftlich dargestellte Handlungsalternativen anhand einer 5-stufigen Likert-Skala darauf hin zu bewerten, inwieweit sie zur Förderung der frühkindlichen naturwissenschaftlichen Bildung geeignet sind. Um sicherzustellen, dass die Vignettenarten nicht auf oberflächlichen Merkmalen beruhen, wurden die Aufgabenstellung sowie die Anzahl und Form der Items vereinheitlicht (Bühler et al. 2023a, 2023b).

Pilotstudie

In einer ersten Pilotstudie erhielten pädagogische Fachkräfte, welche eine naturwissenschaftliche Fortbildungsreihe besuchten, jeweils drei Vignetten, zwei davon in Comicform, eine in Textform. Es konnten zwei Stichproben (mit $N_1 = 84$ und $N_2 = 53$) gezogen werden, so dass insgesamt sechs verschiedene Vignetten getestet werden konnten. Die Stichprobenzusammensetzungen sind sehr heterogen, so bewegen sich beispielsweise die Berufserfahrungen der

Tab. 1: Mittelwerte der ersten Stichprobe (N_1=84)

Vignette/Item	Musterlösung	Mittelwert	SD
C1 Bauklötze			
d	5	4,49	0,78
c	4	4,24	0,87
a	3	3,31	1,13
b	2	2,63	1,22
T3 Lieblingsessen d. Tiere			
d	5	4,32	0,92
a	4	4,21	1,02
c	3	3,86	1,02
b	2	3,43	1,16
C5 Turmlandschaft			
a	5	4,63	0,74
d	4	3,32	1,02
c	2	3,61	1,13
b	1	2,24	0,96

Itemwerte: 1 „nicht geeignet“, 2 „eher nicht geeignet“, 3 „teils-teils“, 4 „eher geeignet“, 5 „geeignet“

Fachkräfte im Bereich von einem Monat bis zu über 35 Jahren. Auch die Fortbildungsinhalte und die Anzahl der bisher besuchten Fortbildungen variieren. Hier wird auf eine ausführliche Beschreibung verzichtet. Für die Auswertung wurden der 5-stufigen Likert-Skala die Werte 1-5 zugewiesen, wobei 1 für „nicht geeignet", 2 für „eher nicht geeignet", 3 für „teils-teils", 4 für „eher geeignet" und der Wert 5 für „geeignet" stehen. Anhand dieser Zahlenwerte wurden in der vorliegenden Pilotstudie Mittelwerte für die jeweiligen Items gebildet. In einem ersten Schritt kann so das Ankreuzverhalten der Gesamtgruppe mit der Musterlösung verglichen werden (Tab. 1 und Tab. 2). Die Bezeichnungen a-d stehen für die jeweiligen Items. Es zeigt sich, dass das Profil der empirischen Lösung dem der Musterlösung entspricht. Lediglich bei den Vignetten C5 „Turmlandschaft" und C6 „Materialeigenschaften" gibt es Abweichungen. In einem nächsten Schritt werden alle Vignetten mit Musterlösung zur Validierung an Expert:innen früher naturwissenschaftlicher Bildung und Naturwissenschaftsdidaktiken weitergeleitet. Ergeben sich auch hier Abweichungen, so müssen die Formulierungen in den Items nachgeschärft und in einem weiteren Durchgang getestet werden.

Tab. 2: Mittelwerte der zweiten Stichprobe (N_2=53)

Vignette/Item	Musterlösung	Mittelwert	SD
C2 Waldspaziergang			
a	5	4.15	1,18
c	4	3.94	1,03
b	4 (3)	3.85	0,97
d	3 (2)	1.68	0,98
T4 Autorennen			
b	5	4.34	1,13
d	4	2.85	1,10
c	3	2.381	1,18
a	2	2.381	1,10
C6 Materialeigenschaften			
c	5	4.66	0,59
d	4	3.77	1,28
a	2	4.02	0,99
b	1	3.57	1,14

Itemwerte: 1 „nicht geeignet", 2 „eher nicht geeignet", 3 „teils-teils", 4 „eher geeignet", 5 „geeignet"; Anm. 1: Die beiden Werte sind identisch.

Ausblick

Nach Fertigstellung der Videovignetten werden alle Vignettenformate zusammen mit der Musterlösung an Expert:innen zur Validierung weitergereicht. In nachfolgenden Piloterhebungen werden die noch nicht getesteten Comic- und Textvignetten von pädagogischen Fachkräften bearbeitet. In den bisherigen Erhebungen wurden auch demographische Variablen erhoben, was es ermöglicht, die vorliegenden Daten auf Gruppenebene auszuwerten. Neben Gruppenvergleichen sind vor allem auch die individuellen Werte von Interesse. Hier bieten sich verschiedene Verfahren der Testwertberechnung an, die an anderer Stelle beschrieben werden und nicht Gegenstand dieses Beitrags sind.

* Der hier vorliegende Text ist auf der Grundlage des bereits bestehenden GDSU-Beitrags (Bühler et al., in Druck) entstanden.

Literatur

Bühler, E., Rehm, M., Lohse-Bossenz, H. & Billion-Kramer, T. (in Druck): Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen in der frühen Bildung: Vignettentest. GDSU-Journal.

Bühler, E., Grab, B., Rehm, M., Lohse-Bossenz, H., Lange-Schubert, K. & Billion-Kramer, T. (2023a). Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Vignettentest. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt: Jahrestagung in Aachen 2022, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), 524–527

Bühler, E., Grab, B., Rehm, M., Lohse-Bossenz, H., Lange-Schubert, K. & Billion-Kramer, T. (2023b). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in der frühen Bildung. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt: Jahrestagung in Aachen 2022, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), 532–535

Friesen, M. (2017). Teachers' Competence of Analysing the Use of Multiple Representations in Mathematics Classroom Situations and its Assessment in a Vignette-based Test. Ludwigsburg: Pädagogische Hochschulbibliothek

Leuchter, M. (2017). Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung. Stuttgart: Kohlhammer

Orientierungsplan für Bildung und Erziehung in baden-württembergischen Kindergärten und weiteren Kindertageseinrichtungen. Fassung vom 15. März 2011

Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 213–225). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_

Rutsch, J. (2016). Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens im Leseunterricht bei angehenden Lehrkräften. Heidelberg

Steffensky, M. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Band 48, München: WiFF

Steffensky, M., Anders, Y., Barenthien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E., Taskinen, P. & Ziegler, T. (2018). Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher" (Band 10). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich, 50-138

Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18(4), 667-685

Van Schijndel, T. J., Jansen, B. R., & Raijmakers, M. E. (2018). Do individual differences in children's curiosity relate to their inquiry-based learning? International Journal of Science Education, 40(9), 996-1015

Laura Siebers[1]
Sarah Rau-Patschke[1]
Stefan Rumann[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Entwicklung adaptiver Lehrkompetenz durch ein Lehr-Lern-Labor-Seminar

Ausgangslage und Zielsetzung

Obwohl der Umgang mit Heterogenität bereits in der ersten Phase der Lehrkräftebildung ein zentraler Ausbildungsschwerpunkt ist (MSB NRW, 2009), weisen angehende Sachunterrichtslehrkräfte zu Beginn des Vorbereitungsdienstes zum Teil mangelnde Kompetenzen in diesem Bereich auf (Windt, Rau & Rumann, 2017). Dies zeigt die Notwendigkeit, bereits in der universitären Lehrkräftebildung vermehrt handlungspraktische Konzepte und Maßnahmen zu vermitteln (Windt, Rau & Rumann, 2017). Untersuchen zeigen, dass insbesondere Lehr-Lern-Labor-Seminare ein großes Potential aufweisen (u.a. Rehfeldt et al., 2020). Daher besteht das Ziel dieses Projekts darin, ein Lehr-Lern-Labor-Seminar zu entwickeln und zu evaluieren, das auf den Umgang mit Heterogenität im naturwissenschaftlichen Sachunterricht abzielt.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Der naturwissenschaftliche Sachunterricht strebt die Förderung anschlussfähiger, Sach- und Methodenkompetenzen an (Steffensky, 2022). Um dabei alle Schüler*innen bestmöglich bei ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen, gilt es als Lehrkraft, die individuellen und sehr heterogenen Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen (Lange-Schubert & Kahlert, 2022). Ein wirksamer Ansatz zum produktiven Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen ist ein adaptiver Unterricht (u.a. Hattie, 2009), bei dem „die Lehrkraft die Inhalte und Methoden, Medien und Arbeitsweisen des Unterrichts in differenzierter Weise an die jeweils individuellen und sehr unterschiedlichen Lernvoraussetzungen anpasst, welche die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht einbringen“ (Wember & Melle, 2018, S. 58). Dies setzt eine umfassende Kenntnis der Lernvoraussetzungen voraus (u.a. Hoppe et al., 2020; von Aufschnaiter et al., 2018). Auf dieser Grundlage können die Lernvoraussetzungen in der Unterrichtsgestaltung Berücksichtigung finden, indem Lernangebote so ausgewählt bzw. konzipiert werden, dass sie eine hohe Passung zu den Lernvoraussetzungen aufweisen (Brühwiler & Vogt, 2020). Die Fähigkeit, Unterricht auf diese Weise adaptiv zu gestalten, wird als adaptive Lehrkompetenz bezeichnet (Brühwiler & Vogt, 2020) und im Rahmen dieses Projekts anhand der folgenden drei Teilkompetenzen (TK) operationalisiert:

- TK I: Lernvoraussetzungen identifizieren
- TK II: Passung beurteilen
- TK III: Passung herstellen

Zur frühzeitigen Förderung der adaptiven Lehrkompetenz für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht bietet sich die Einbindung von Lehr-Lern-Labor-Seminaren in die erste Phase der Lehrkräftebildung an. Bei diesem universitären Lehrformat wird das forschend-entdeckende Lernen von Schüler*innen an einem außerschulischen Lernort mit der Professionalisierung angehender Lehrkräfte in einem klar strukturierten, komplexitätsreduzierten Setting verknüpft (Brüning et al., 2020; Roth & Priemer, 2020). Lehr-Lern-Labor-Seminare, die zudem einen starken Theoriebezug aufweisen und begleitend reflektiert werden, kommen der Forderung nach qualitätsvollen Praxiselementen im Lehramtsstudium nach (Rehfeldt et al., 2018). Ihnen

wird eine gute Wirksamkeit in Bezug auf die Ausbildung professioneller Kompetenz zugeschrieben, die z.T. empirisch belegt ist (u.a. Köster et al., 2020; Dohrmann, 2019).

Forschungsfrage

In bisherigen Studien zur Wirksamkeit von Lehr-Lern-Labor-Seminaren wurden lediglich einzelne Aspekte adaptiver Lehrkompetenz betrachtet. Es ist offen, ob durch ein Lehr-Lern-Labor-Seminar adaptive Lehrkompetenz umfassend in Bezug auf alle drei oben genannten Teilkompetenzen gefördert werden kann. Aus diesem Forschungsdesiderat ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

Inwiefern trägt die Teilnahme an einem Lehr-Lern-Labor-Seminar bei angehenden Lehrkräften zur Entwicklung der adaptiven Lehrkompetenz für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht hinsichtlich der folgenden Teilkompetenzen bei?

- Lernvoraussetzungen identifizieren (TK I)
- Passung beurteilen (TK II)
- Passung herstellen (TK III)

Forschungsdesign und Methoden

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde ein Lehr-Lern-Labor-Seminar entwickelt, das mittels Prä-Post-Erhebung evaluiert wird. Die Pilotstudie fand im Wintersemester 2022/23 mit einer Stichprobe von $N = 24$ angehenden Sachunterrichtslehrkräften der Universität Duisburg-Essen statt. Die Hauptstudie ist für das Wintersemester 2023/24 angesetzt.

Für die Erhebung der adaptiven Lehrkompetenz wurde ein schriftlicher Vignettentest mit offenem Antwortformat konzipiert, der durch möglichst authentische Unterrichtssituationen eine Kompetenzerfassung auf performativer Ebene ermöglicht (Rutsch et al., 2018). Der Test beinhaltet insgesamt sechs Vignetten, die drei unterschiedliche, aber typische Lerngegenstände im naturwissenschaftlichen Sachunterricht fokussieren und jeweils auf die Erfassung einer Teilkompetenz abzielen (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Konzeption des Vignettentests

Vignette 1: Wasserkreislauf	**Vignette 2: Schwimmen und Sinken**	**Vignette 3: Löslichkeit**
V1a: Passung herstellen	**V2a:** Lernvoraussetzungen identifizieren	**V3a:** Passung herstellen
V1b: Lernvoraussetzungen identifizieren	**V2b:** Passung beurteilen	**V3b:** Passung beurteilen

Die Antworten der Studierenden werden in einem ersten Schritt mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) ausgewertet und skaliert. Dabei findet ein deduktives Kategoriensystem Anwendung, das sowohl nominale als auch ordinale Subkategorien aufweist. Für eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Studierenden sowie zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten werden diese qualitativen Ergebnisse in einem zweiten Schritt quantifiziert. Dabei wird ordinalen Subkategorien ein Wert entsprechend ihres Rangs zugeordnet, für nominale Subkategorien wird der Wert 1 vergeben, sofern diese kodiert wurden. Auf diese Weise wird für alle Proband*innen ein Score pro Vignette bzw. Teilkompetenz generiert.

Ausgewählte Ergebnisse

Die quantitativen Ergebnisse der Pilotstudie (vgl. Abb. 1) deuten an, dass die Studierenden zu Seminarbeginn das größte Vorwissen in Bezug auf *TK I: Lernvoraussetzungen identifizieren* haben ($M = 18.27$; $SD = 4.95$). Sie erreichen hingegen einen durchschnittlich geringeren Score in *TK II: Passung beurteilen* ($M = 12.36$; $SD = 4.95$) und *TK III: Passung herstellen* ($M = 13.63$; $SD = 6.24$). Über den Seminarverlauf steigt der Score hinsichtlich aller drei Teilkompetenzen signifikant an, wobei die Effektstärken in einem mittleren bis hohen Bereich liegen. Hier zeigt sich ein stärkerer Zuwachs in *TK I* ($t(21) = 4.62$; $p < .001$.; $d = 0.99$) als in *TK II* ($t(21) = 3.38$; $p < .001$; $d = 0.72$) und *TK III* ($t(21) = 3.14$; $p = .002$; $d = 0.67$).

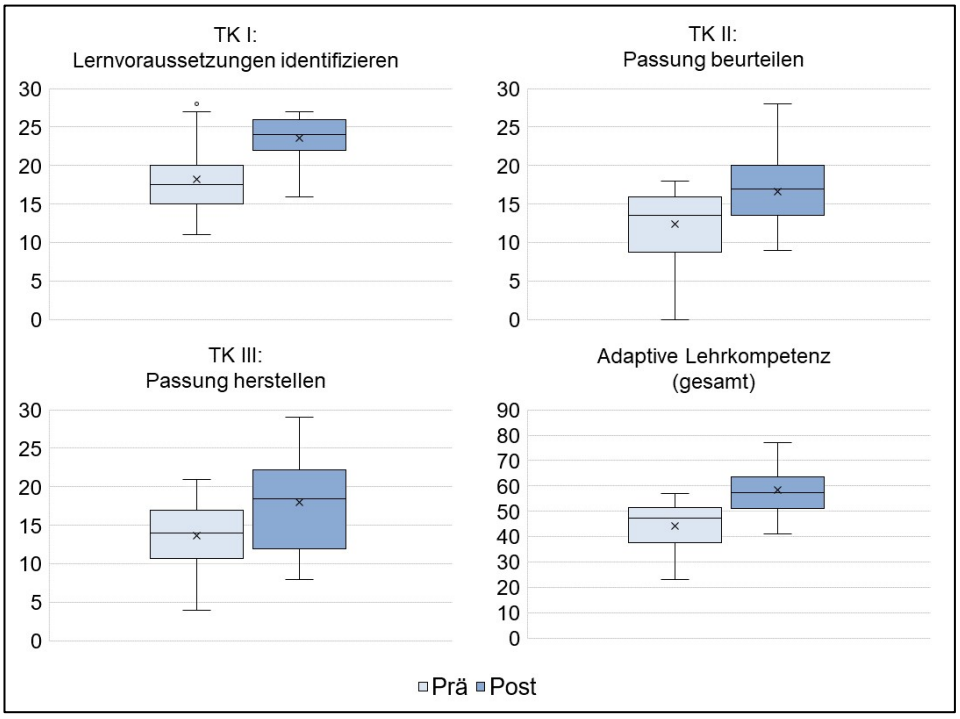


Abb. 1: Darstellung der quantitativen Ergebnisse der Pilotstudie

Diskussion und Ausblick

Mit Blick auf diese ersten Ergebnisse können positive Effekte eines Lehr-Lern-Labor-Seminars auf die Entwicklung adaptiver Lehrkompetenz für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht angenommen werden. Berücksichtigt werden muss hierbei jedoch der explorative Ansatz der Studie, der unter anderem mit einer geringen Stichprobengröße einher geht. Darüber hinaus erscheint es mit Blick darauf, dass die adaptive Lehrkompetenz sowie die abgeleiteten Teilkompetenzen als eher ‚weiche' Konstrukte gelten, gewinnbringend, verstärkt qualitative Analysen in den Blick zu nehmen. Dies ist für die Hauptstudie im Wintersemester 2023/24 geplant, um die Kompetenzentwicklung der Studierenden sowie die diesbezügliche Wirksamkeit des Lehr-Lern-Labor-Seminars differenzierter zu erfassen und zu untersuchen, worin die unterschiedlich ausgeprägte Kompetenzentwicklung in den Teilkompetenzen I, II und III begründet ist.

Literatur

Brühwiler, C., & Vogt, F. (2020). Adaptive Unterrichtskompetenz. Auswirkungen auf Unterrichtsqualität und Lernergebnisse. Zeitschrift für Bildungsforschung Online, 12(1), 119-142.

Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich - eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung. Springer Spektrum, 13-16

Dohrmann, R. (2019). Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht). Logos.

Hattie, J. (2009). Visible Learning. A Sythesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. Routledge

Hoppe, T., Renkl, A., & Rieß, W. (2020). Förderung von unterrichtsbegleitendem Diagnostizieren von Schülervorstellungen durch Video- und Textvignetten. Unterrichtswissenschaft, 48(4), 573-597

Köster, H., Mehrtens, T., Brämer, M., & Steger, J. (2020). Forschendes Lernen im zyklischen Prozess - Entwicklung eines neuen Lehr-Lern-Formats im Studienfach Sachunterricht. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung. Springer Spektrum, 99-111

Lange-Schubert, K., & Kahlert, J. (2022). Inklusion im Sachunterricht - Ansprüche und Herausforderungen. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (3. Aufl.). Julius Klinkhardt, 76-83

Mayring, P. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (13. Neuausgabe). Julius Beltz.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2009). Gesetz über die Ausbildung für Lehrämter an öffentlichen Schulen. LABG.

Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., ... Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren. Ein Systematischer Review zu Wirkungen des Lehrformats Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 34, 149-169

Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Lücke, M., Sambanis, M., & Nordmeier, V. (2018). Mythos Praxis um jeden Preis? Mythos Praxis um jeden Preis? Wurzeln und Modellierung des Lehr-Lern-Labors. die hochschullehre, 4, 90-114

Roth, J., & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung - Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung. Springer Spektrum, 1-10

Steffensky, M. (2022). Chemische Aspekte. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (3. Aufl.). Julius Klinkhardt, 141-145

von Aufschnaiter, C., Münster, C., & Beretz, A.-K. (2018). Zielgerichtet und differenziert diagnostizieren. MNU Journal, 71(6), 382-387

Wember, F. B., & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), DoProfiL - Das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Waxmann, 57-72

Windt, A., Rau, S., & Rumann, S. (2017). Wie gehen angehende Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst im Fach Sachunterricht mit Heterogenität um? In F. Heinzel & K. Koch (Hrsg.), Individualisierung im Grundschulunterricht. Anspruch, Realisierung und Risiken. Springer VS, 103-107

Marvin Kaldewey[1]
Stefanie Schwedler[1]

[1]Universität Bielefeld

Selbstreguliertes Lernen in der Physikochemie – eine Interviewstudie

Ausgangslage

Detaillierte Kenntnisse darüber, wie Studierende lernen und selbstregulativen Anforderungen an der Hochschule begegnen, sind erforderlich, um die Zielerreichung in der universitären Lehre zu überprüfen und passgenaue Unterstützungsmaßnahmen zu entwickeln. Von besonderer Bedeutung ist dieses Wissen für die Studieneingangsphase, die als anspruchsvolle Phase des Übergangs von der Schule zur Hochschule und damit als wesentlich für den Studienerfolg gilt (Bosse & Trautwein, 2014). Vor allem in den MINT-Fächern scheitern viele Studienanfänger*innen aufgrund von Leistungsproblemen (Heublein et al., 2017). Entsprechende Überforderungen zu Beginn des Chemiestudiums stehen häufig im Zusammenhang mit dem Verstehen und dem Selbststudium in den abstrakten Fächern Mathematik und Physikalische Chemie (PC) (Schwedler, 2017).

Für das Hauptfach PC lässt sich ein mangelndes Verständnis der Grundkonzepte vornehmlich auf ein Geflecht aus inadäquaten, situativen mentalen Modellen, der elaborierten Mathematik und einer Vernachlässigung der submikroskopischen Ebene zurückführen (Bain et al., 2014; Tsaparlis & Finlayson, 2014; Nyachwaya & Wood, 2014). Trotz ihres Wunschs nach Konzeptverständnis (Sözbilir, 2004) nutzen Studierende überwiegend algorithmische, wenig verständnisorientierte Lernweisen in der PC (z. B. Nyachwaya et al., 2014).

Das Selbststudium dient u. a. der Vor- und Nachbereitung von Vorlesungen und Prüfungen und wird mit einem hohen Anteil an Leistungspunkten gewürdigt (Europäische Kommission, 2015). Im Vergleich zur Schule geht die individuelle Ausgestaltung an der Hochschule mit größeren Freiheiten, aber auch Herausforderungen der Selbstregulation einher. Letztere scheinen für Studierende schwieriger zu bewältigen zu sein, wenn sie der Veranstaltung eine geringe Relevanz zuschreiben (Grove & Bretz, 2012) oder ihre eigenen Fähigkeiten überschätzen (Willson-Conrad & Grunert Kowalske, 2018). Insgesamt ist die Studienlage zum Selbstlernen allerdings unzureichend (z. B. Ye et al., 2015). Vorliegende Studien untersuchen häufig nur einzelne Aspekte des Selbstlernens in der Allgemeinen oder Organischen Chemie und messen den Lernerfolg anhand von Prüfungsergebnissen. Angesichts zahlreicher, disziplinspezifischer Probleme sind jedoch insbesondere die Lernprozesse im Laufe des Semesters und die Rolle des Verstehens von Interesse. Eine entsprechende Analyse des Selbststudiums steht in der Physikochemie aus. Aus diesem Grund ist es das Ziel des Forschungsprojekts, die Lernprozesse im Selbststudium der PC zu Studienbeginn umfassend zu charakterisieren und hinsichtlich ihrer Verständnisorientierung zu untersuchen.

Theoretische Perspektive – Selbstreguliertes Lernen & Verständnisorientierung

Eine theoretische Basis für eine solche holistische Charakterisierung bieten die Theorien des Selbstregulierten Lernens (SRL) (Deing, 2019). Diese umfassen zum einen Lernstrategien, mit denen beschrieben werden kann, was die Studierenden in ihrer Selbstlernphase tun. Lernstrategien werden als „jene Verhaltensweisen und Gedanken, die Lernende aktivieren, um ihre Motivation und den Prozess des Wissenserwerbs zu beeinflussen und zu steuern“ (Friedrich & Mandl, 2006, S. 1) definiert. Häufig werden drei Gruppen unterschieden: kognitive,

metakognitive und ressourcenbezogene Strategien (Wild, 2005). Zum anderen berücksichtigt SRL individuelle Ziele und Überzeugungen, universitäre und persönliche Rahmenbedingungen sowie fachspezifische Aspekte. Wie diese Komponenten zusammenwirken, wird in diversen SRL-Modellen mit unterschiedlichen Schwerpunkten konzeptualisiert.

Für das vorliegende Forschungsprojekt wird Göllers (2020) Integration der prominentesten Modelle von Zimmerman (2000), Winne & Hadwin (1998) und Boekaerts (2017) in den Kategorien *Strategien*, *Ziele*, *Beliefs* und *Bewertungen* herangezogen. Göller betrachtet jedes Lernen gemäß Winne (2011) als grundsätzlich selbstreguliert, sodass auch weniger erfolgreiches Lernen und automatisierte Handlungen beschrieben werden können. Zudem erlaubt diese Perspektive im Vergleich zum verwandten Konzept der *approaches to learning*, das in der üblichen Unterscheidung in *deep* und *surface approach* verhältnismäßig limitiert ist (Case & Marshall, 2009), die Analyse von individuelleren Konstellationen im Selbststudium (z. B. unproduktive Strategien trotz ambitionierter Lernziele). Ferner sind Lernstrategien im SRL keine überdauernden Eigenschaften von Personen und damit z. B. von Konzeptionen wie Lernstilen oder Lerntypen abzugrenzen.

Zur Untersuchung der Verständnisorientierung werden Göllers Kategorien um die Querschnittskategorie *Verstehen* ergänzt (Abb. 1). Für jede Schnittfläche lassen sich so gezielt die relevanten Facetten verständnisorientierten Lernens im studentischen Selbststudium diskutieren, evaluieren und in Form einer „Ampelstufe“ (Abb. 2) visualisieren. Um z. B. die angewendeten Strategien zu beurteilen, werden fachdidaktische Konzepte des Verstehens (Verknüpfungen im chemischen Dreieck nach Johnstone, 1991; Modellierungskreislauf nach Goldhausen, 2015) sowie das Ressourcen-Framework nach Sinapulas & Stacy (2015) genutzt.

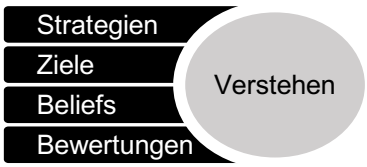


Abb. 1: Übersicht über die Hauptkategorien der Studie (vgl. Göller, 2020).

Forschungsfragen und -design

Das Forschungsprojekt zielt darauf ab, die folgenden Fragen zu beantworten:

- F1) *Strategien*: Welche Lernressourcen und -strategien nutzen die Chemiestudierenden im Selbststudium der PC des ersten Semesters?
- F2) *Erklärungsansätze*: Welche Erklärungsansätze für individuelle Vorgehensweisen ergeben sich aus berichteten *Zielen*, *Beliefs* und *Bewertungen* zum Selbststudium der PC?
- F3) *Verstehen*: Wie definieren Studierende den Verstehensbegriff, inwieweit nutzen sie verständnisorientierte Strategien und welche *Ziele*, *Beliefs* und *Bewertungen* begründen diese?
- F4) *Veränderungen*: Inwieweit und wodurch verändert sich das Selbststudium der PC im Laufe des Semesters?

Zur Datenerhebung wurden problemzentrierte Interviews zu den *Strategien*, *Zielen*, *Beliefs* und *Bewertungen* sowie zur Rolle des *Verstehens* im Selbststudium durchgeführt. Das Vorgehen wurde zunächst am Ende des WS 20/21 (N = 15) pilotiert. In der Hauptstudie im WS 21/22 (N = 22) und WS 22/23 (N = 9) wurden Erstsemesterstudierende der Chemie oder chemienaher Studiengänge semesterbegleitend zu je drei Zeitpunkten (vor, während und nach der PC-Basisveranstaltung) interviewt. Im WS 22/23 wurde zudem eine triangulierende

Lerntagebuchstudie durchgeführt, in der die Teilnehmenden regelmäßig schriftlich von ihrem Umgang mit den Übungsaufgaben berichteten (N = 8, insg. 71 Einträge). Zur Datenauswertung werden die inhaltlich strukturierende und die evaluative qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) angewendet, wobei die Kategorienbildung deduktiv-induktiv erfolgt.

Ausgewählte Ergebnisse

Das selbstregulierte Lernen geht i. d. R. mit Referenzmaterialien, Aufgaben oder anderen Personen einher, sodass die Betrachtung ressourcenbezogener Strategien einen guten Einblick in das Selbststudium geben. Die Ergebnisse zeigen, dass der Nutzungsschwerpunkt auf den von den Lehrenden gestellten Materialien, d. h. den Übungsaufgaben und dem Vorlesungsskript, liegt. Andere Materialien wie Bücher oder Lernvideos werden insgesamt weniger und oft nur gelegentlich genutzt. Zudem ist ihre Anwendung häufig ebenfalls an das Lösen der Übungsaufgaben geknüpft, z. B. werden Begriffe aus der Aufgabenstellung nachgeschlagen.
Neben universitären Strukturen liefern auch berichtete *Ziele*, *Beliefs* und *Bewertungen* Erklärungsansätze für die unterschiedliche Nutzung. Während andere Ressourcen trotz einzelner Vorteile mit hohen Kosten (z. B. Unübersichtlichkeit) und geringer Nützlichkeit (z. B. unpassendes Niveau) verbunden werden, sind die Materialien der Lehrenden leicht zugänglich und angemessen für die Studierenden. Die Dominanz der Übungsaufgaben steht vor dem Hintergrund verschiedener *Belief*-Konstellationen. Dabei reichen die Überzeugungen von Vorstellungen, dass die Übungsaufgaben lediglich zur Klausurvorbereitung dienen, hin zur Ansicht, dass durch sie konzeptuelle Zusammenhänge erkannt werden können.

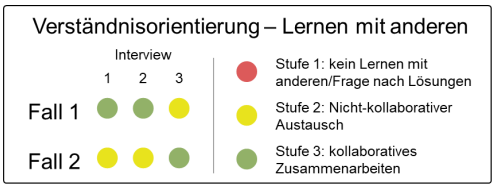


Abb. 2: Ausschnitt aus dem „Ampelsystem", der die Ausprägung der Verständnisorientierung für zwei Einzelfälle in der Kategorie „Lernen mit anderen" zeigt.

Größere Veränderungen im Semesterverlauf zeichnen sich besonders für das Lernen mit anderen Personen ab. Zu Beginn und Ende des ersten Semesters wird insgesamt seltener zusammengearbeitet als während der laufenden PC-Veranstaltung. Damit nimmt in manchen Fällen auch die Verständnisorientierung in der Klausurvorbereitung ab, wenn z. B. Mitlernende weniger vor Ort sind und Fragen nur noch per Messenger geklärt werden (Abb. 2, Fall 1). Hingegen arbeiten andere Studierende, die im Semester eher alleine lernten, gerade in dieser Zeit verstärkt kooperativ und diskutieren Rechenwege mitunter sehr produktiv (Abb. 2, Fall 2).

Fazit & Ausblick

Ziel des Projekts ist eine umfassende Charakterisierung des Selbststudiums der PC. Die vorgestellten Ergebnisse zur Ressourcennutzung stimmen mit allgemeinen erfahrungs- und literaturbekannten Erwartungen (Ye et al., 2015) überein. Darüber hinaus erlauben die theoretische Perspektive des SRL und der Verständnisorientierung sowie das methodische Vorgehen zusätzliche, detailliertere Aussagen zum Selbstlernen in PC. Ausführliche Ergebnisse, u. a. zu weiteren Analysekategorien und einer geplanten Typenbildung, werden an anderer Stelle publiziert.

Literatur

Bain, K., Moon, A., Mack, M. R. & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 320–335

Boekaerts, M. (2017) Cognitive load and self-regulation: Attempts to build a bridge. Learning and Instruction, 51, 90–97

Bosse, E., & Trautwein, C. (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. Zeitschrift für Hochschulforschung, 9(5), 41–62.

Case, J. M. & Marshall, D. (2009). Approaches to Learning. In M. Tight, K. H. Mok, J. Huisman & C. C. Morphew (Eds.), The Routledge International Handbook of Higher Education. London: Routledge, 9–21

Deing, P. (2019). Selbstreguliertes Lernen. Theoretische Grundlagen und Förderempfehlungen. In S. Rietmann & P. Deing (Eds.), Psychologie der Selbststeuerung. Wiesbaden: Springer, 319–345

Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur. (2015). ECTS Leitfaden 2015. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Eds.), Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, 1–23

Goldhausen, I. (2015). Mathematische Modelle im Chemieunterricht. Berlin: uni-edition

Göller, R. (2020). Selbstreguliertes Lernen im Mathematikstudium. Wiesbaden: Springer

Grove, N. P. & Bretz, S. L. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 13(3), 201–208

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Hannover: DZHW Forum Hochschule

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of computer assisted learning, 7(2), 75–83

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden (4. Aufl.). Weinheim Basel: Beltz Juventa

Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. Chemistry Education Research and Practice, 15(1), 81–93

Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. Chemistry Education Research and Practice, 15(4), 720–728

Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? ZfDN, 23, 165–179

Sözbilir, M. (2004). What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers. Journal of Chemical Education, 81(4), 573–578

Sinapuelas, M. L. S. & Stacy, A. M. (2015). The Relationship Between Student Success in Introductory University Chemistry and Approaches to Learning Outside of The Classroom. Journal of Research in Science Teaching, 52(6), 790–815

Tsaparlis, G., & Finlayson, O. E. (2014). Physical chemistry education: Its multiple facets and aspects. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 257–265

Wild, K.-P. (2005). Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre. Beiträge zur Lehrerbildung, 23(2), 191–206

Willson-Conrad, A. & Grunert Kowalske, M. (2018). Using self-efficacy beliefs to understand how students in a general chemistry course approach the exam process. Chemistry Education Research and Practice, 19(1), 265–275

Winne, P. H. (2011). A cognitive and metacognitive analysis of self-regulated learning. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance, New York, London: Routledge,15–32

Winne, P. H. & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. C. Graesser (Eds.), Metacognition in educational theory and practice. Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlabum Associates, 277–304

Ye, L., Oueini, R., Dickerson, A. P. & Lewis, S. E. (2015). Learning beyond the classroom: using text messages to measure general chemistry students' study habits. Chemistry Education Research and Practice, 16(4), 869–878

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation: A Social Cognitive Perspective. In M. Boekaerts, p. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of Self-Regulation. San Diego, CA: Academic Press, 13–39

Ann-Katrin Krebs[1] [1]PH Schwäbisch Gmünd

Sensibilisierung von Physiklehrkräften für Diversität und Gender

Einleitung

Das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderte Modellprojekt *"Teaching MINT^{D}"* (Kasper et al., 2017) zielte von 2018-2021 darauf ab, dem Fachkräftemangel in Schule und Industrie durch ein diversitätsorientiertes Studienprofil zu begegnen. "Teaching MINT^{D}" beabsichtigte, die Diversitäts- und Genderkompetenz aller angehenden Physik- und Techniklehrkräfte zu stärken und gleichzeitig mehr Studierende für das Lehramt in den Fächern Physik und Technik durch ein diversitätsorientiertes Studienprofil zu gewinnen.

Im Rahmen dieses Modellprojekts wurde ein Dissertationsprojekt im Fachbereich Physikdidaktik durchgeführt, das über ein Mixed-Methods-Design die Wirkung der speziell entwickelten Workshop-Angebote (Krebs & Ihringer, 2021) zur Weiterbildung von Lehrkräften untersuchte. Im Mittelpunkt dieser Analyse standen die teilnehmenden Physiklehrkräfte und ihre Schüler*innen (Krebs, 2023). Über Schwerpunktworkshops zu den Themen *Sprache, Methoden, Fachinhalte* und *Berufsorientierung* wurden die Physiklehrkräfte zu gendersensiblem und diversitätsorientiertem MINT-Fachunterricht sensibilisiert. Zur qualitativen Auswertung der Interviews wurde neben der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) auch eine neue Methode zur Visualisierung dieser Sensibilisierung entwickelt, indem die Inhalte der Workshops mit Bezug auf Lehrkräfteprofessionalisierung, die entwickelte Definition von Diversitäts- und Genderkompetenz sowie die Ebenen der Professionalisierung nach Wildt (2006) in das adaptierte Kompetenzfeldermodell von Krewer und Uhlmann (2015) überführt wurden.

Entwicklung der Sensibilisierungsvisualisierung

Für qualitative Auswertungen im Bereich der Wirkungsebenen von Lehrkräftefortbildungen gab es bisher kein geeignetes Werkzeug, um eine Sensibilisierung für und von Kompetenzen auf Stufen der Professionalisierung zu visualisieren. Ausgehend vom AIZ-Kompetenzfeldermodell nach Krewer und Uhlmann (2015) wurden die rahmenden Kompetenzen *Methodenkompetenz, Fachkompetenz, Soziale Kompetenz* und *Persönliche Kompetenz*, die für die Ausübung der Lehrtätigkeit grundlegend sind, in unterschiedlichen Ausprägungen beschrieben. Diese sich teilweise überschneidenden und ineinanderfließenden Kompetenzen können nicht trennscharf voneinander getrennt werden.

Nach Bromme (1995) u. a. umfasst die *Fachkompetenz*, vier Kategorien (gekürzt aus Dissertation Krebs, 2023):

Fachinhalte und Verständnis: Lehrkräfte und Pädagog*innen benötigen tiefgehendes Wissen über ihre Fachgebiete, das sogar über das von Nicht-Lehrkräften hinausgeht. Sie sollten alternative Formen der Wissensorganisation kennen, um es didaktisch sinnvoll zu vermitteln und verstehen, warum bestimmtes Wissen für Schüler*innen von Bedeutung ist.

Philosophie des Schulfaches: Der Wert der Fachinhalte und wie dieser mit dem menschlichen Leben und Wissen in Beziehung steht, steht hier im Mittelpunkt. Lehrkräfte und Pädagog*innen vermitteln oft nur das, was für sie persönlich von Bedeutung ist.

Fachdidaktisches Wissen: Dieses Wissen ist speziell für den Unterricht aufbereitet und beinhaltet Aspekte der Lehr- und Lernbarkeit. Dazu gehören verständnisfördernde Darstellungsformate, das Verständnis von Lernhindernissen und das Wissen um die Vorstellungen und Missverständnisse von Schüler*innen unterschiedlichen Alters und Vorwissens.
Curriculares Wissen: Das Verständnis der Struktur von Lehrplänen, Kenntnis von Unterrichtsmaterialien und ihrer Qualität sowie das Wissen über deren Anwendung in verschiedenen Situationen und das Verständnis des curricularen Aufbaus anderer Fächer.

Nach Fydrich und Bürgener (2005) beinhaltet die *soziale Kompetenz* die Fähigkeit, soziale Situationen angemessen einzuschätzen sowie das Vorhandensein eines Repertoires sozialer Kompetenzen und die Demonstration sozial kompetenten Verhaltens.
Es ist die Fähigkeit, Verantwortung zu übernehmen, sich einfühlsam, solidarisch und tolerant gegenüber anderen zu verhalten, Regeln einzuhalten und angemessen mit Konflikten umzugehen.

Die *Methodenkompetenz* (Schieren, 2016 u. a.) im Unterricht umfasst die Fähigkeit, geeignete Lernmethoden auszuwählen, anzuwenden und zu bewerten, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Dies beinhaltet auch die Berücksichtigung unterschiedlicher Lerntypen und -bedürfnisse sowie den Einsatz von Technologie und anderen Ressourcen zur Unterstützung des Lernens.

Die *persönliche Kompetenz* (Becker & Pastoors, 2017 u. a.) einer Lehrkraft umfasst Eigenschaften wie kommunikatives Geschick, Empathie, Führungsqualitäten, Selbstreflexion und Selbstmotivation. Mit diesen Fähigkeiten kann eine Lehrkraft auf die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Schüler*innen eingehen und eine positive Lernumgebung schaffen.

Die Sensibilisierung erfolgt ausgehend von Information im Zentrum über Vernetzung, Wissen, Anwendung, Können, Wollen und Handeln (Wildt, 2006) (Abb. 1). Die Adaption der AIZ-Kompetenzfelder auf die Diversitäts- und Genderkompetenzdefinition erfolgt durch die Zuordnung einzelner Aspekte zu den rahmenden Kompetenzen.

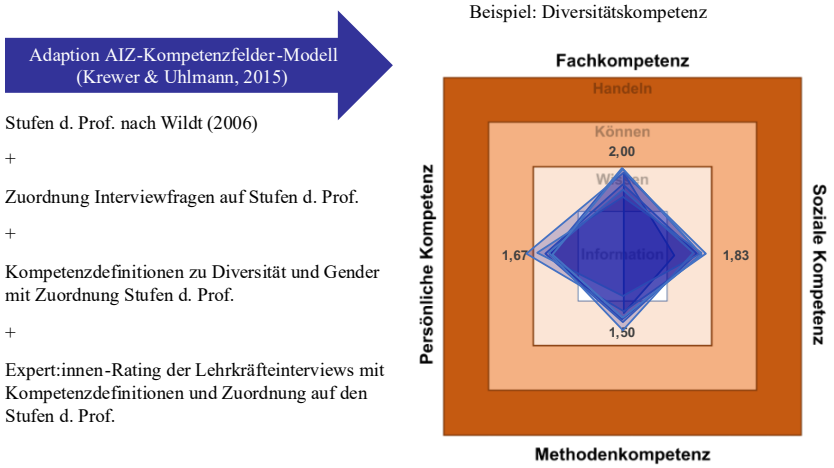


Abb. 1: Genese der Sensibilisierungsvisualisierung am Beispiel der Genderkompetenz

Dabei sollte beachtet werden, dass die Gewichtung der Felder nicht gleich ist und je nach individueller Kompetenzentwicklung unterschiedlich ausgeprägt sein kann.
Die Genese der Sensibilisierungsvisualisierung (SensiVis) erfolgt in Form von Radar- bzw. Sterndiagrammen. Diese zeigen den Grad der Sensibilisierung der einzelnen Lehrkraft in verschiedenen Kompetenzfeldern anhand der berechneten Mittelwerte aus der kommunikativen Validierung (Heinze & Thiemann, 1982; Kondratjuk et al., 2019; Pauschenwein & Jandl, 2009). Die kommunikative Validierung des Instruments wurde mit Expert*innen aus dem Bildungsbereich durchgeführt, um die Gewichtung von Lehrkraftaussagen vorzunehmen, die Ergebnisse zu überprüfen und somit eine Aussage zur Gültigkeit treffen. Hierdurch wird ein Vergleich möglich, der die Entwicklung der Lehrkraft über die besuchten Workshops hinweg und die Untersuchung der Wirkung der Workshops auf die Lehrkräfte fokussiert, um wirkungsvolle Elemente für eine Sensibilisierung zu identifizieren.

Einsatzmöglichkeiten, Grenzen und Adaptionen der SensiVis
Die SensiVis kann in zwei wichtigen Weisen genutzt werden: Als Feedbackinstrument für Fortbildende, die mithilfe der Visualisierung die Effektivität ihrer Fortbildungsangebote erkennen und anpassen können. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in zukünftige Planungen und Konzepte ein, um dann erneut über die SensiVis evaluiert zu werden. Die zweite Anwendungsmöglichkeit besteht darin, das Instrument zu einem Reflexionswerkzeug für Lehrkräfte auszubauen, die vor und nach einer Fortbildung selbst festhalten können, welche Kompetenzbereiche sie durch die Teilnahme sensibilisiert haben.

Durch die Verbindung beider Versionen kann die Passung von Fortbildungsangeboten in Bezug auf Erwartungen, Inhalte und Wirkungen verbessert werden. Dies ermöglicht es Fortbildenden, ihre Angebote zielgruppenspezifischer zu gestalten und auf spezifische Schwerpunkte auszurichten. Das Feedback der Lehrkräfte, das ihre subjektive Wahrnehmung der Auswirkungen der Fortbildung auf ihre Kompetenzbereiche widerspiegelt, trägt zur besseren Abstimmung von Konzeption, Erwartungen und Wirkungen bei.

Wünschenswert wäre, dass die Kombination der Kompetenzfeldmodelle mit den Netzdiagrammen der einzelnen Lehrkräfte nicht mehr auf manuelle Weise durch visuelle Ausrichtung mit Hilfslinien erfolgen muss, sondern als Option oder Plug-in in Auswertungssoftware integriert werden kann. Die Automatisierung des Erstellungsprozesses, vergleichbar mit der Erstellung eines Säulendiagramms aus Tabellen mit entsprechenden Zahlenwerten in Anwendungen wie Microsoft Excel oder SPSS, hätte das Potenzial, den zeitaufwändigen Prozess erheblich zu vereinfachen. Ferner ist geplant, die Potenziale der SensiVis durch die Entwicklung eines geeigneten, jedoch anpassbaren Fragenkatalogs zu erweitern. Dieser Katalog dient dazu, das Instrument sowohl als Reflexionswerkzeug für Lehrende als auch als Feedbackinstrument für Fortbildende zu nutzen. In der Dissertation lag der Schwerpunkt auf der Förderung von Diversitäts- und Genderkompetenz. Das Potenzial des Instruments liegt jedoch in seiner Adaptionsfähigkeit. Je nach Ausrichtung der Fortbildungsmaßnahmen kann es auch für die Förderung anderer Kompetenzen eingesetzt werden. Zu diesem Zweck soll auch das Handbuch zur Gewichtung von Aussagen für Expert*innen überarbeitet werden, um es an unterschiedliche Zielkompetenzen anpassen zu können.

Literatur

Becker, J. H. & Pastoors, S. (2017). Persönliche Kompetenzen. In J. H. Becker, H. Ebert & S. Pastoors (Hg.), Praxishandbuch berufliche Schlüsselkompetenzen: 50 Handlungskompetenzen für Ausbildung, Studium und Beruf (S. 43–49). Springer Berlin Heidelberg.

Bromme, R. (1995). Was ist "pedagogical content knowledge"? Kritische Anmerkungen zu einem fruchtbaren Forschungsprogramm. In S. Hopmann, K. Riquarts, W. Klafki & A. Krapp (Hg.), Zeitschrift für Pädagogik Beiheft: Bd. 33. Didaktik und/oder Curriculum: Grundprobleme einer international vergleichenden Didaktik (S. 105–113). Beltz.

Fydrich, T. & Bürgener, F. (2005). Ratingskalen zur sozialen Kompetenz. In Vriends, N. & J. Margraf (Hg.), Soziale Kompetenz, soziale Unsicherheit, soziale Phobie: Verstehen und verändern (3. Aufl., S. 86–101). Schneider-Verl. Hohengehren.

Heinze, T. & Thiemann, F. (1982). Kommunikative Validierung und das Problem der Geltungsbegründung. Bemerkungen zum Beitrag von E. Terhart. Zeitschrift für Pädagogik, 28(4), 635–642.

Kasper, L., Windelband, L. & Sorge, K. (2017). Projektantrag Teaching MINTD: Förderung von diversitätsorientierter Lehre und Lehramtsausbildung in Physik und Technik. Ein Modellprojekt der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd.

Kondratjuk, M., Pohlenz, P. & Walterbach, V. (2019). Kommunikative Validierung von Forschungsergebnissen als Instrument partizipativer Qualitätsentwicklung. In S. Heuchemer, S. Spöth & B. Szczyrba (Hg.), Hochschuldidaktik erforscht Qualität: Profilbildung und Wertefragen in der Hochschulentwicklung III (S. 23–32).

Krebs, A.-K. (2023). Vielfalt im Physikunterricht (1. Aufl.). Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 361. Logos Verlag Berlin.

Krebs, A.-K. & Ihringer, S. (2021). Förderung von diversitätsorientierter Lehre und Lehramtsausbildung in Physik und Technik. Von Hospitationen zur Workshopangeboten. technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht, 1, 16–25.

Krewer, B. & Uhlmann, A. (Hg.). (2015). Modelle zur internationalen Kompetenzentwicklung: Das Didaktik-Konzept der Akademie für Internationale Zusammenarbeit (Band 1). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Aufl.). Grundlagentexte Methoden. Beltz.

Pauschenwein, J. & Jandl, M. (2009). Sensibilisierung und Kompetenzaufbau im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien der Studierenden im Studiengang „Soziale Arbeit“, 461–473.

Schieren, J. (2016). Was sollen Lehrer können? Pedagogika Przedszkolna i Wczesnoszkolna, 1(7)(4), 89–104.

Wildt, J. (2006). Kompetenzen als "Learning Outcome". Vorab-Onlinepublikation. (Journal Hochschuldidaktik ; 17. Jahrgang 2006 Heft 1).

Carolin Flerlage[1]
Andrea Bernholt[1]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel

Motivationsfaktoren zur Nutzung und Erstellung digitaler Lernangebote

Für die Nutzung, Erstellung und den unterrichtlichen Einsatz von digitalen Bildungsangeboten benötigen (angehende) Lehrkräfte entsprechende digitale Kompetenzen, Einstellungen und Motivation (Bürger et al., 2021). Als erster Schritt zur systematischen Förderung dieser Voraussetzungen ist ein vertieftes Verständnis der Motivation als Vorstufe für das eigentliche Verhalten von großem Interesse. Die vorliegende Studie setzt dazu in der ersten Phase der Lehrkräftebildung an und geht der Frage nach, was Lehramtsstudierende motiviert, digitale Lernangebote für ihren eigenen Lernprozess zu nutzen bzw. zu erstellen.
Derzeit sind uns keine Studien bekannt, die Lehramtsstudierende als Lernende hinsichtlich ihrer Motivation zur Nutzung bzw. Erstellung von digitalen Lernangeboten untersucht haben. Für Lehramtsstudierende bei ersten schulpraktischen Erfahrungen, sowie bei Lehrkräften im Dienst haben sich allerdings die Einstellungen und Vorerfahrungen als wichtigste Einflussfaktoren auf die Motivation zum Einsatz von digitalen Lernangeboten erwiesen (Sugar et al., 2004; Scherer & Teo, 2019; Vogelsang et al., 2019). Die Nutzungsmotivation von Studierenden (auch außerhalb des Lehramts) ist vor allem durch die zeitliche und örtliche Flexibilität der digitalen Lernangebote, Interesse am Thema sowie Chancen auf persönliche und berufliche Entwicklung geprägt (Howarth et al., 2016; Riplinger & Schiefner-Rohs, 2017; Zheng et al., 2015).

Theoretisches Rahmenmodell

Im Kontext der Forschung zu Technologienutzung gibt es theoretisch fundierte und empirisch geprüfte Modelle, die hinsichtlich des vorliegenden Untersuchungsvorhabens jedoch Einschränkungen mitbringen. Das *Technology Acceptance Model* (TAM, Davis et al., 1989) blickt auf das Nutzungsverhalten von Technologien und wurde u.a. zur Untersuchung der Intention von Lehrkräften eingesetzt, E-Learning-Software zu nutzen (Scherer & Teo, 2019). Die *Theory of Planned Behavior* (TPB; Fishbein & Ajzen, 1975) zielt darauf ab, ein spezifisches Verhalten in verschiedenen Situationen und Kontexten vorherzusagen, wird aber auch z.B. für die Vorhersage der Nutzungsintention von Lehrkräften zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht genutzt (Lee et al., 2010; Vogelsang et al., 2019). Allerdings erfordert die TPB ein spezifisches Verhalten, welches bei der Untersuchung der Motivation von Lehramtsstudierenden nicht gegeben ist. Mit Blick auf die *Erwartungs-Wert-Theorie* (EWT) ähneln sich die Einflussfaktoren, die im Falle der TPB die Nutzungsintention und im Falle der EWT die Motivation vorhersagen. Ausgehend von dem TAM, der TPB und der EWT wurde für das vorliegende Untersuchungsvorhaben ein theoretisches Rahmenmodell zur Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Motivation, digitale Lernangebote zu nutzen oder zu erstellen, entwickelt (siehe Abb. 1). Für eine differenzierte Betrachtung der Motivation zur Nutzung und Erstellung digitaler Lernangebote wurde zusätzlich die *Selbstbestimmungs-theorie* (Deci & Ryan, 1993) einbezogen.
Auf Basis des theoretischen Rahmenmodells wird den Forschungsfragen nachgegangen, was Lehramtsstudierende in ihrer Rolle als Lernende motiviert, digitale Lernangebote zu nutzen

bzw. zu erstellen und durch welche verhaltensbezogenen und Kontrollüberzeugungen diese Motivation beeinflusst wird.

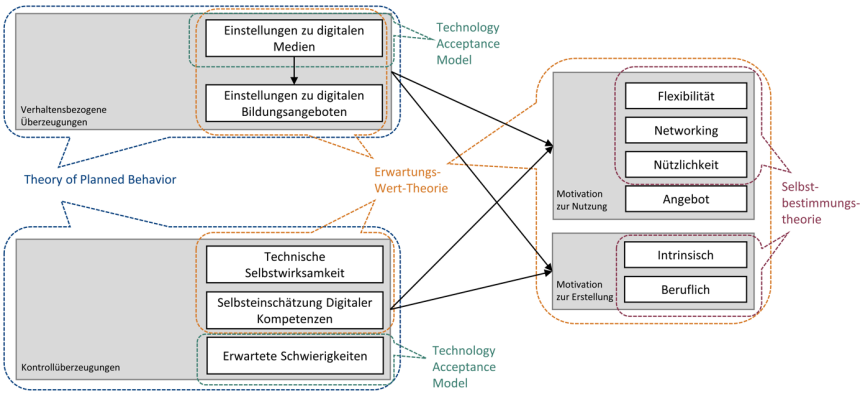


Abb. 1: Theoretisches Rahmenmodell

Methode

Die vorliegende Studie wurde im Kontext des Projekts *FutureSkills* durchgeführt, in dem eine hochschulübergreifende Bildungsplattform[1] für Schleswig-Holstein mit Inhalten zu Digitalisierung und Künstliche Intelligenz aufgebaut wird. Die angebotenen Online-Kurse sind kostenlos, überwiegend Selbstlernkurse und die Teilnahme ist freiwillig.

Basierend auf dem theoretischen Rahmenmodell wurde in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern eine Online-Fragebogenstudie mit 255 Lehramtsstudierenden durchgeführt. Die Lehramtsstudierenden (72 % weiblich) sind im Schnitt im 5. Semester ($Md = 4.5$, $M = 5.16$, $SD = 3.84$, Werte von 1 bis > 15) und 52 % studieren mindestens ein MINT-Fach.

Ergebnisse

Die Motivation zur Nutzung und Erstellung digitaler Lernangebote wurde mittels einer 4-stufigen Likert Skala (1 – stimme nicht zu; 4 – stimme zu) erhoben. Die Lehramtsstudierenden zeigten eine hohe Motivation bezüglich der Flexibilität ($M = 3.49$, $SD = 0.61$) und Nützlichkeit ($M = 3.28$, $SD = 0.71$), während die Aussicht auf Networking ($M = 2.82$, $SD = 0.74$) weniger zur Nutzung derartiger Angebot motivierte. Die Erstellungsmotivation war im Vergleich zur Nutzungsmotivation geringer ausgeprägt, dennoch zeigten die Lehramtsstudierenden insbesondere eine berufliche begründete Erstellungsmotivation ($M = 2.90$, $SD = 0.79$).

Die Ergebnisse der Pfadanalysen zur Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Motivation zur Nutzung bzw. Erstellung von digitalen Lernangeboten sind in Abbildung 2 bzw. 3 anhand der signifikanten Pfade der Pfadanalyse (MLR, Schätzer, FIML, * $p < .05$, ** $p < .01$) unter Angabe der standardisierten Koeffizienten dargestellt.

Sowohl bzgl. der Nutzungs- als auch der Erstellungsmotivation stellten sich die individuellen Einstellungen und grundlegende digitalen Kompetenzen als bedeutende Prädiktoren heraus. Insbesondere die Varianz der Facetten Networking und Nützlichkeit der Nutzungsmotivation konnten mit $R^2 < 25$ % nur zu einem geringen Anteil aufgeklärt werden.

[1] https://futureskills-sh.de/

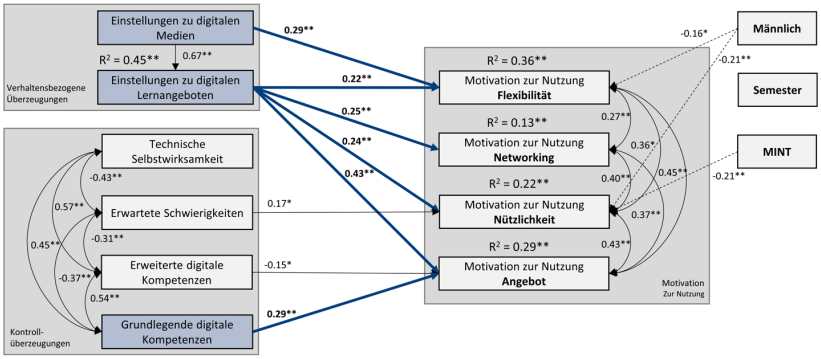


Abb. 2: Pfadanalyse der Motivation zur Nutzung. Model fit: χ^2 (df) = 7.68 (7); p = .361; CFI = 1.00; TLI = 0.99; RMSEA = 0.02; SRMR = 0.02.

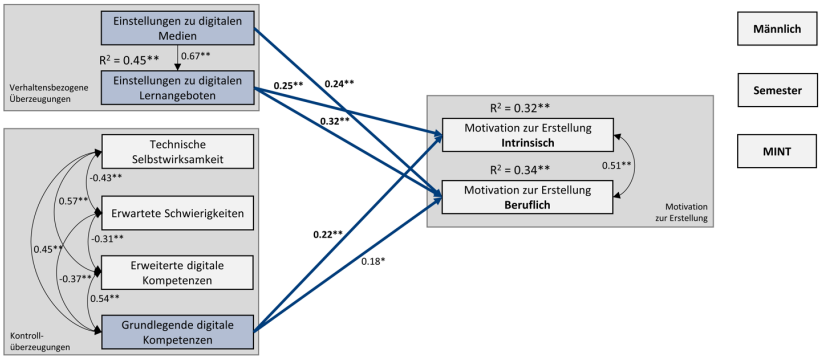


Abb. 3: Pfadanalyse der Motivation zur Erstellung. Model fit: χ^2 (df) = 7.46 (7); p = .383; CFI = 1.00; TLI = 0.99; RMSEA = 0.02; SRMR = 0.02.

Diskussion und Ausblick

Auf Grundlage dieser Ergebnisse können Lehramtsstudierende als Lernende vor allem über die Aspekte der Flexibilität und einer beruflichen Nützlichkeit dazu motivieren werden, digitale Lernangebote zu nutzen. Trotz des vergleichsweise geringen Motivationspotenzials der Facette Networking, sollten kollaborative Lerngelegenheiten jedoch weiterhin integriert werden, da die soziale Eingebundenheit nach der Selbstbestimmungstheorie eine der drei Grundbedürfnisse darstellt, die zur Ausbildung von Motivation beiträgt (vgl. Deci & Ryan, 1993). Mit Blick auf die beruflich geprägte Motivation der Lehramtsstudierenden, digitale Lernangebote selbst zu entwickeln, empfiehlt es sich, im Lehramtsstudium Gelegenheiten zur Erstellung im Sinne von partizipativem und aktivem Lernen gezielt zu implementieren und so den Perspektivwechsel von Lernenden zu Lehrenden frühzeitig und systematisch zu unterstützen.

Die Einstellungen als bedeutender Prädiktor der Nutzungs- und Erstellungsmotivation, sollten explizit im Lehramtsstudium (und phasenübergreifend) thematisiert und reflektiert werden. Zudem benötigt es explizite Lerngelegenheiten zum Aufbau grundlegender (und erweiterter) Kompetenzen, die über die reine (Alltags-)Nutzung von digitalen Medien hinausgeht und den Lehramtsstudierenden ermöglicht – mit Blick auf ihre zukünftige Rolle als Lehrende – Kompetenzen zum technologie-gestützten Lehren und Lernen aufzubauen (Janschitz et al., 2021, Tondeur et al., 2011).

Literatur

Bürger, N., Haselmann, S., Baumgart, J., Prinz, G., Girnat, B., Meisert, A., ... & Wecker, C. (2021). Jenseits von Professionswissen: Eine systematische Überblicksarbeit zu einstellungs-und motivationsbezogenen Einflussfaktoren auf die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1087-1112. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01050-3

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology. A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science, 35* (8), 982–1003. https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik, 39* (2), 223–238.

Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour. An introduction to theory and research:* Reading, MA: Addison-Wesley.

Howarth, J. P., D'Alessandro, S., Johnson, L. & White, L. (2016). Learner motivation for MOOC registration and the role of MOOCs as a university 'taster'. *International Journal of Lifelong Education, 35* (1), 74–85. https://doi.org/10.1080/02601370.2015.1122667

Janschitz, G., Monitzer, S., Archan, D., Dreisiebner, G., Ebner, M., Hye, F. et al. (Hrsg.). (2021). *Alle(s) digital im Studium?! Projektbericht der Steirischen Hochschulkonferenz zur Analyse digitaler Kompetenzen von Studienanfänger*inne*n*. Graz: Graz University Library Publishing. https://doi.org/10.25364/978-3-903374-00-3

Lee, J., Cerreto, F. A. & Lee, J. (2010). Theory of Planned Behavior and Teachers' Decisions Regarding Use of Educational Technology. *Journal of Educational Technology & Society, 13* (1), 152–164.

Riplinger, T. & Schiefner-Rohs, M. (2017). Medieneinsatz in der Hochschullehre. Akademische Lehr-Lernkonzepte zwischen Zumutung und Zu-Mutung. Online verfügbar unter: http://your-study.info/wp-content/uploads/2018/01/Re-view_Riplinger_Schiefner_Rohs.pdf.

Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology. A meta-analysis. *Educational Research Review, 27* (4), 90–109. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001

Sugar, W., Crawley, F. & Fine, B. (2004). Examining teachers' decisions to adopt new technology. *Journal of Educational Technology & Society, 7* (4), 201–213.

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education. A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education, 59* (1), 134–144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25* (1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Zheng, S., Rosson, M. B., Shih, P. C. & Carroll, J. M. (2015). Understanding Student Motivation, Behaviors, and Perceptions in MOOCs, *CSCW '15: Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, 1882–1895. https://doi.org/10.1145/2675133.2675217

Carolin Flerlage[1] [1]IPN Kiel
Christoph Vogelsang[2] [2]Universität Paderborn
Stefanie Herzog[3] [3]IQSH Kiel, Universität Kiel
Marc Reid[3]

Digitale Lernangebote – Von der Motivation zur nachhaltigen Nutzung

Digitale Lernangebote wie Erklärvideos, Simulationen, digitale Messwerterfassung und die große Bandbreite an Open Educational Resources (OER) und Massive Open Online Courses (MOOCs) bieten großes Potenzial in Hinblick auf partizipatives, kreatives und individuelles Lernen (Butcher, Malina & Neumann, 2013; Develaki, 2019; Hoogerheide, 2016; Leach & Hadi, 2017). Oftmals wird dieses Potenzial in der Unterrichtspraxis jedoch noch nicht vollständig ausgeschöpft. Für eine systematische Implementation in den Unterricht und Nutzung der vorhandenen Potenziale benötigen angehende Lehrkräfte nicht nur ausreichende digitale Kompetenzen, sondern auch die entsprechende Einstellung und Motivation (Bürger et al., 2021). Um diese kognitiven, affektiven und motivationalen Voraussetzungen systematisch aufzubauen, braucht es langfristige und phasenübergreifende Konzepte, die bereits in der ersten Phase der Lehrkräftebildung bei Lehramtsstudierenden ansetzen und die Lehrkräfte bis in die dritte Phase in Form von Fortbildungen begleiten und unterstützen.
Im Vortragssymposium haben sich Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus der Chemie- und Physikdidaktik zusammengefunden, die der übergeordneten Frage nachgehen, welche Faktoren die Nutzung von digitalen Angeboten für das Lernen bzw. das Lehren beeinflussen und wie die Nutzung von digitalen Lernangeboten systematisch und phasenübergreifend unterstützt werden kann.
Dabei wurden als Zielgruppe Lehramtsstudierende fokussiert und zunächst aus einer Forschungsperspektive Einflussfaktoren auf die Motivation zur Nutzung oder Erstellung von digitalen Lernangeboten, sowie die Rolle von spezifischen Lerngelegenheiten bei ersten schulpraktischen Erfahrungen thematisiert. Die Erkenntnisse können bzw. sollen dazu dienen, die Entwicklung von Professionalisierungskonzepten empirisch zu fundieren. Anschließend wurden zwei (perspektivisch) phasenübergreifende Konzepte vorgestellt, die in den Naturwissenschaften zu einem systematischen Aufbau der benötigten Voraussetzungen und Kompetenzen von angehenden Lehrkräften beitragen können.

Im Folgenden werden die vier Symposiumsbeiträge mit ihren jeweiligen Schwerpunkten vorgestellt und anhand von Abbildung 1 in die verschiedenen Phasen der Lehrkräftebildung eingeordnet.

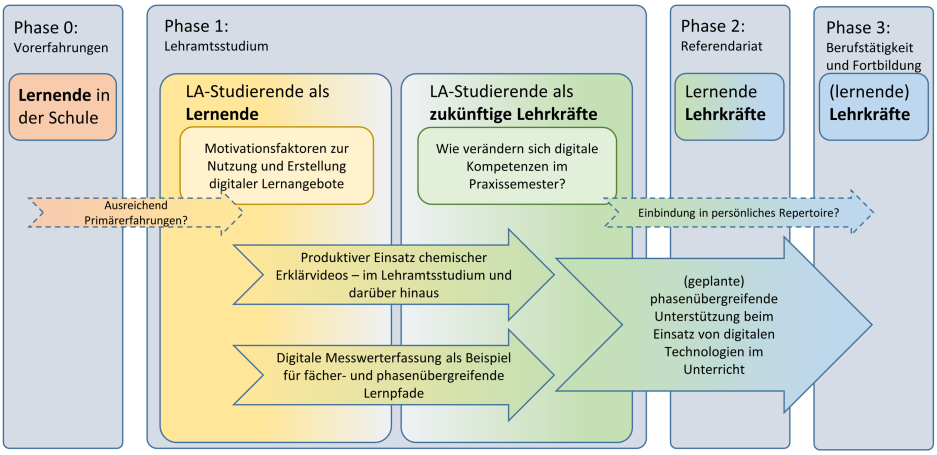


Abb.1: Einordnung der vier Symposiumsbeiträge in die Phasen der Lehrkräftebildung

Motivationsfaktoren zur Nutzung und Erstellung digitaler Lernangebote (C. Flerlage)
Der erste Beitrag nimmt die Lehramtsstudierenden in ihrer Rolle als Lernende in den Blick und untersucht, inwiefern ihre Einstellungen zu digitalen Lernangeboten, digitale Kompetenzen und erwartete Schwierigkeiten – geprägt durch Vorerfahrungen aus der eigenen Schulzeit – Einfluss auf die Motivation haben, digitale Lernangebote zu nutzen bzw. selbst zu erstellen (vgl. Vogelsang et al., 2019). Basierend auf einem theoretischen Rahmenmodell auf Basis verschiedener Modelle aus der Forschung zu Technologieakzeptanz bzw. Motivation wurde in Schleswig-Holstein eine Online-Fragebogenstudie mit 255 Lehramtsstudierenden durchgeführt. Die individuellen Einstellungen und digitalen Kompetenzen stellten sich dabei als bedeutsam sowohl für die Motivation zur Nutzung als auch zur Erstellung von digitalen Lernangeboten heraus. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können erste Ansätze entwickelt werden, um Lehramtsstudierende als Lernende zu motivieren, digitale Lernangebote zu nutzen bzw. zu erstellen. Es bleibt jedoch offen, inwiefern die Erfahrungen als Lernende zur Motivation beitragen, digitale Lernangebote selbst im Unterricht einzusetzen.

Wie verändern sich digitale Kompetenzen im Praxissemester? (C. Vogelsang)
In diesem Vortrag stehen die Lehramtsstudierenden als Lehrende bei ihren ersten schulpraktischen Erfahrungen im Fokus. Anhand einer Sekundäranalyse regelmäßiger Prä-Post-Evaluationsbefragungen von Lehramtsstudierenden im Rahmen des Praxissemesters an der Universität Paderborn ($N = 2397$, alle Fächer) wurde analysiert, wie sich selbsteingeschätzte digitale Kompetenzen, Einstellungen und motivationale Orientierungen zum Medieneinsatz im Praxissemester verändern und welche Lerngelegenheiten mit positiven Entwicklungen einhergehen. Dabei erwiesen sich insbesondere das Ausmaß, in dem schulische Mentor*innen den Medieneinsatz mit den Studierenden explizit thematisierten, als bedeutsam; gefolgt vom Ausmaß von Erprobungen digitaler Medien in eigenen Unterrichtsversuchen.

Beide Forschungsbeiträge untersuchten Lehramtsstudierende über alle Fächer hinweg, sodass die Ergebnisse auf fachspezifische Konzepte für digital-gestütztes Lehren und Lernen

übertragen werden müssen. Beispielhafte phasenübergreifende Konzepte für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellen die folgenden Beiträge vor:

Produktiver Einsatz chemischer Erklärvideos – im Lehramtsstudium und darüber hinaus (S. Herzog)
Während der rezeptive Einsatz diverser Medien in schulischen und vor allem außerschulischen Kontexten für Lernende zunehmend stattfindet, so sind für den produktiven Einsatz z.B. der Erstellung von Erklärvideos neben den bereits vorgestellten motivationalen Voraussetzungen auch fachspezifische und kollaborative Erprobungsmöglichkeiten nötig, um Potenziale (vgl. Spires et al., 2012 und Hoogerheide, 2016) zu erkennen und sinnvoll einzusetzen. Im Rahmen des schleswig-holsteinischen Landesprogramms „Zukunft Schule im digitalen Zeitalter“, in dem u.a. (angehenden) Lehrkräften die Mehrwerte von digitalen Bereicherungen aufgezeigt werden, damit perspektivisch die Schüler*innen im Unterricht und darüber hinaus digital kompetent werden, wird auf Basis von Vorerfahrungen aus dem Chemie-Lehramtsstudium der Universität Kiel eine Möglichkeit vorgestellt, wie Videoerstellung als ein Element zur Verzahnung aller drei Ausbildungsphasen beitragen kann.

Digitale Messwerterfassung als Beispiel für fächer- und phasenübergreifende Lernpfade (M. Reid)
Digitale Messwert- und Datenerfassung ist nicht nur ein Bestandteil der Erkenntnisgewinnung, sondern auch ein wesentlicher Aspekt von Digitalität in den Naturwissenschaften. Um analoge Messverfahren mit Bleistift und Papier nicht nur durch digitale zu ersetzen, sondern die Potentiale der digitalen Messtechnik im Sinne des SAMR-Modells (Puentedura, 2006) für die Transformation des Lehrens und Lernens zu nutzen, benötigen (angehende) Lehrkräfte neben Einstellungen und motivationalen Überzeugungen nicht nur fachliches, pädagogisches und didaktisches Wissen, sondern technologiebezogene professionelle Handlungskompetenz. Um Schülerinnen und Schüler bei der Verantwortung für ihr eigenes Lernen zu unterstützen, müssen sich Lehrkräfte diese Handlungskompetenz nicht nur im Studium (1. Phase) und Vorbereitungsdienst (2. Phase) aneignen, sondern im Sinne eines Lebenslangen Lernens während ihrer beruflichen Tätigkeit (3. Phase) aktuell halten. Wie Lehrkräfte der verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer in allen Phasen unterstützen werden können, wird in diesem Beitrag exemplarisch vorgestellt und diskutiert.

Zusammenfassend tragen die vier Beiträge mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten und Perspektiven einerseits zu einem vertieften Verständnis der Motivation und (perspektivischen) Nutzung von digitalen Medien zum Lehren und Lernen von Lehramtsstudierenden bei und liefern andererseits Handlungsansätze und Konzepte, um ausgehend von der 1. Phase der Lehrkräftebildung die Förderung von entsprechenden digitalen Kompetenzen, Einstellungen und Motivation systematisch und phasenübergreifend zu unterstützen.
Offen gebliebene Fragen, die in der anschließenden Diskussion auf der Tagung auch diskutiert wurden, sind unter anderem: Unter welchen Bedingungen führt eine Nutzungsabsicht auch zur tatsächlichen Nutzung von digitalen Medien im Unterricht (vgl. Sheeran, 2002)? Brauchen Studierende positive Erfahrungen mit (digitalen) Innovationen als Lernende, um diese dann in den eigenen Unterricht zu integrieren? Oder sollen Studierende im Studium primär dazu befähigt und motiviert werden, selbst die (digitalen) Innovationen in den Unterricht zu bringen?

Literatur

Bürger, N., Haselmann, S., Baumgart, J., Prinz, G., Girnat, B., Meisert, A., ... & Wecker, C. (2021). Jenseits von Professionswissen: Eine systematische Überblicksarbeit zu einstellungs-und motivationsbezogenen Einflussfaktoren auf die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1087-1112. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01050-3

Butcher, N., Malina, B. & Neumann, J. (Hrsg.). (2013). *Was sind Open Educational Resources? Und andere häufig gestellte Fragen zu OER*. Bonn: UNESCO. Verfügbar unter http://web.archive.org/web/-20140628142826/http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bildung/Was_sind_OER__cc.pdf

Develaki, M. (2019). Methodology and Epistemology of Computer Simulations and Implications for Science Education. *Journal of Science Education and Technology, 28* (4), 353–370. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09772-0

Hoogerheide, V. (2016) Effects of Observing and Creating Video Modeling Examples on Cognitive and Motivational Aspects of Learning. Dissertation, Erasmus Universität Rotterdam.

Leach, M. & Hadi, S. M. (2017). Supporting, categorising and visualising diverse learner behaviour on MOOCs with modular design and micro-learning. *Journal of Computing in Higher Education, 29* (1), 147–159. https://doi.org/10.1007/s12528-016-9129-6

Puentedura, R. (2006). *Transformation, technology, and education* [Blog post]. Verfügbar unter http://hippasus.com/resources/tte/ (letzter Zugriff: 27.10.2023).

Sheeran, P. (2002). Intention-behaviour relations: A conceptual and empirical review. *European Review of Social Psychology, 12*, 1-36. https://doi.org/10.1002/0470013478.ch1

Spires, H. A., Hervey, L. G., Morris, G., & Stelpflug, C. (2012). *Energizing project-based inquiry: Middle-grade students read, write, and create videos.* Journal of Adolescent & Adult Literacy, 55(6), 483-493.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25* (1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Christoph Vogelsang[1] [1]Universität Paderborn

Wie verändern sich digitale Kompetenzen im Praxissemester?

Ausgangslage

Angehende Lehrkräfte sollten schon im Studium Kompetenzen zur adäquaten Gestaltung von Unterricht mit Hilfe digitaler Medien erwerben (vgl. KMK, 2017). Damit digitale Medien im Unterricht auch tatsächlich eingesetzt werden, müssen sie zudem auch über entsprechende Einstellungen und motivationale Orientierungen verfügen (Granić & Marangunic, 2019; Drossel et al., 2017). Beim Erwerb derartiger Orientierungen spielen schulische Langzeitpraktika (wie Praxissemester) eine besondere Rolle, da Studierende in ihnen erste längere Erfahrungen im späteren Berufsfeld sammeln können. Inwiefern typische Praktika die Entwicklung von Orientierungen zum Medieneinsatz unterstützen, ist empirisch bisher wenig untersucht. Ungeklärt ist auch, ob nach der COVID-19-Pandemie positivere Kompetenzentwicklungen auftreten als vor der Pandemie.

Hintergrund

Zur Beschreibung des Zusammenhangs von Orientierungen und Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht wird häufig die *Theory of planned behavior* (Fishbein & Ajzen, 2011) herangezogen (z.B. Bürger et al., 2021; Vogelsang et al., 2019). Dabei wird die Intention bzw. die Motivation insbesondere durch wahrgenommene Kontrollüberzeugungen beeinflusst. Hierzu gehören Selbstwirksamkeitserwartungen bzw. selbsteingeschätzte Kompetenzen zum digitalen Medieneinsatz (vgl. Cramer, 2010), die sich grundsätzlich positiv verändern lassen (z.B. Vogelsang et al., 2023; Valtonen et al., 2021). Im *SQD(Synthesize Qualitative Data)*-Modell von Tondeur et al. (2012) werden sechs zentrale Strategien herausgestellt, die zu einer positiven Entwicklung digitaler Kompetenzen von angehenden Lehrkräften wirksam beitragen (vgl. Tondeur et al., 2020): (1) Lehramtsausbildende als positive Rollenvorbilder, (2) Reflexion erfolgreichen Medieneinsatzes im Unterricht, (3) eigene (Weiter-)Entwicklung von Unterrichtsmaterialien (4) Kollaboration beim Einsatz digitaler Medien, (5) eigener Einsatz digitaler Medien in authentischen Lehr-Lern-Szenarien und (6) konstantes Feedback zum Medieneinsatz. In schulischen Langzeitpraktika besteht die Möglichkeit, einige dieser Strategien zu nutzen. Schulische Mentor*innen können bspw. als Rollenvorbilder fungieren (in der Unterrichtshospitation) und digitaler Medieneinsatz kann in der Praktikumsbegleitung reflektiert werden. Studierende haben die Möglichkeit digitale Medien in ihren eigenen Unterrichtsversuchen einzusetzen und hierzu Feedback zu erhalten. Inwiefern dies im Feld allerdings tatsächlich umgesetzt wird, ist eine offene Frage.

Fragestellungen

1. Wie verändern sich selbsteingeschätzte Kompetenzen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht in einem typischen Praxissemester?
2. Wie hängt die Veränderung selbsteingeschätzter Kompetenzen mit unterschiedlichen Lerngelegenheiten zusammen?
3. Welche Unterschiede ergeben sich zwischen Studierenden unterschiedlicher Kohorten (vor und nach der COVID19-Pandemie) und unterschiedlicher Fächer (Naturwissenschaften vs. andere Fächer)?

Untersuchungsdesign

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen wurden in einer Sekundäranalyse evaluativer Daten zum Praxissemester an der Universität Paderborn (Dauer: 5 Monate, Angebot in jedem Semester, siehe Herzig & Wiethoff, 2019) herangezogen. Dabei verbringen die Studierenden vier Tage pro Woche an einer Praxissemesterschule, in der sie im Unterricht anderer Lehrkräfte hospitieren und selbstständig Unterricht durchführen, wobei sie von schulischen Mentor*innen begleitet werden. An einem Seminartag in der Woche besuchen sie begleitende Seminare an der Universität bzw. am Zentrum für schulpraktische Lehrkräftebildung (pro Fach ein fachdidaktisches & ein bildungswissenschaftliches Seminar). Zur Evaluation werden die Studierenden zu Beginn und am Ende des Praxissemesters mit Hilfe eines Onlinefragebogens befragt. Für diese Untersuchung wurden Daten verschiedener Kohorten (Wintersemester 19/20 bis Wintersemester 22/23) zusammengefasst. Insgesamt umfasst die Stichprobe N=2386 Lehramtsstudierende aller an der Universität Paderborn studierbaren Schulformen und Fächer (davon 12,3% mit mindestens einem naturwissenschaftlichen Fach).

Instrumente

Zur Analyse wurden aus der Befragung Items herangezogen, die sich auf den Einsatz digitaler Medien im Unterricht beziehen (vgl. Schwabl & Vogelsang, 2021). Zum einen wurde mit Hilfe sieben-stufiger Likertskalen vor und nach dem Praxissemester die selbsteingeschätzte digitale Kompetenz der Studierenden in drei Dimensionen erfasst: *Lernwirksame Integration digitaler Medien in den Unterricht* (4 Items, $\alpha_{prä/post}$=.88/.86, Bsp. *„Ich, als Lehrperson, kann …für meinen Unterricht digitale Meiden so auswählen, dass das Lernen meiner SuS unterstützt wird.“*), *Konkrete Anwendung digitaler Medien in Lehr-Lern-Situationen* (7 Items, $\alpha_{prä/post}$ =.91/.92, Bsp. *„…Lernmanagementsysteme einrichten und für die Planung und Gestaltung meines Unterrichts nutzen (z. B. Moodle, Ilias, Padlet).“*) und *Unterstützung von Schüler*innen zur kritischen & lernwirksamen Mediennutzung* (4 Items, $\alpha_{prä/post}$ =.90/.92, Bsp. „*…meinen SuS eine angemessene Einschätzung der Glaubwürdigkeit und Nützlichkeit medial ermittelter Informationen beizubringen.“*). Zur Erfassung der Lerngelegenheiten wurden die Studierenden auf vierstufigen Skalen (*weniger als zweimal im Monat* bis *mit wenigen Ausnahmen täglich*) gefragt, in welchem Umfang sie den Einsatz bestimmter Medien in der Unterrichtshospitation beobachtet bzw. sie im eigenen Unterricht selbst eingesetzt haben (10 Items, $\alpha_{Hospitation}$=.80, $\alpha_{Einsatz}$=.78, Bsp. *„Lern- und Erklärvideos“*). Zudem wurden sie auf vierstufigen Skalen gefragt (*sehr wenig* bis *sehr oft*), im welchen Umfang digitale Medien Mentor*innen oder in den universitären Seminaren thematisiert wurden (2 Items, α_{Mentor}=.91, α_{Uni}=.90, Bsp. „Einsatz digitaler Medien im Unterricht“).

Ergebnisse

Insgesamt ergaben sich keine bzw. nur marginale Unterschiede bzgl. der Lerngelegenheiten (die insgesamt eher gering ausfielen) oder der Kompetenzentwicklung zwischen den Studierenden verschiedener Fächer. Daher wurden in den Analysen alle Studierenden gemeinsam betrachtet. Zur Analyse der Veränderungen selbsteingeschätzter Kompetenzen wurden ANOVAS mit Messwiederholung berechnet (Abb. 1). Bzgl. der Kompetenz zur *lernwirksamen Integration* ergab sich ein großer Haupteffekt (η^2=0.184), bzgl. der *konkreten Anwendung* ein kleiner Effekt (η^2=.0.056) und bzgl. der *Unterstützung von Schüler*inne*n ebenfalls ein kleiner Effekt (η^2=.0.046) (jew. , p<.001). Für letztere Dimension ergab sich zudem ein großer Interaktionseffekt zwischen den Kohorten (η^2=.0.215, p<.001).

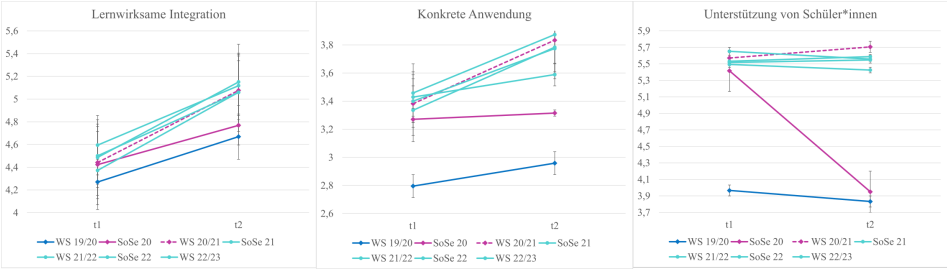


Abb. 1 Veränderungen selbsteingeschätzter digitaler Kompetenz

Um den Einfluss der einzelnen Lerngelegenheiten zu untersuchen, wurden lineare Regressionsmodelle mit Kontrolle der selbsteingeschätzten Kompetenz zu Beginn berechnet (Tab. 1). Dabei wurden nur diejenigen Kohorten betrachtet, in denen vergleichbare Rahmenbedingungen während des Praxissemesters vorlagen und die sich im Längsschnitt ähnlich entwickelt haben (Wintersemester 20/21 bis Sommersemester 22, N=1361).

	lernwirksame Integration		Konkrete Anwendung		Unterstützung von Schüler*innen	
Prädiktor	*β*	*p*	*β*	*p*	*β*	*p*
Wert t_1	.366	<.001	.490	<.001	.467	<.001
Hospitation	.004	.930	-.020	.605	.011	.789
Einsatz	.148	<.001	.182	<.001	.110	.008
*Thematisierung – Mentor*innen*	.205	<.001	.104	<.001	.077	.007
Thematisierung – Universität	.053	.035	.123	<.001	.006	.814
R^2	.279		.409		.253	

Tab. 1 Regressionsmodelle – Einfluss der Lerngelegenheiten

Diskussion

Generell zeigt sich eine positive Entwicklung der selbsteingeschätzten digitalen Kompetenzen Lehramtsstudierender im Praxissemester. Die untersuchten Lerngelegenheiten klären in den drei Kompetenzdimensionen unterschiedlich Varianz auf. Als besonders bedeutsam erwiesen sich der Umfang, in dem schulische Mentor*innen digitale Medien mit den Studierenden thematisieren (SQD-Strategie (2) & evtl. (6)). und der eigene Einsatz im Unterricht (Strategie (5)). Die reine Hospitation (Strategie (1)) hatte keinen Einfluss. Unterschiede zwischen Fächern zeigten sich kaum, allerdings ein signifikanter Einfluss der COVID19-Pandemie, aber nur in dem Sinne, dass während des ersten Pandemiekohorte 2020 eher negative Entwicklungen stattfanden. Auch danach verbleiben die Lerngelegenheiten aber auf niedrigem Niveau. Die Analysen beziehen sich allerdings nur auf die Ausbildungsregion Paderborn und digitale Kompetenzen wurden nur als Selbstauskünfte mit Items erfasst, die nicht spezifisch für den Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht konzipiert wurden. Die weitere Interpretation ist zudem dadurch erschwert, dass ein passender Maßstab fehlt, um den Umfang digitalen Medieneinsatzes einzuschätzen (Wieviel ist im Praxissemester ausreichend bzw. notwendig?).

Literatur

Bürger, N., Haselmann, S., Baumgart, J., Prinz, G., Girnat, B., Meisert, A., ... & Wecker, C. (2021). Jenseits von Professionswissen: Eine systematische Überblicksarbeit zu einstellungs-und motivationsbezogenen Einflussfaktoren auf die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1087-1112.

Cramer, C. (2010). Kompetenzerwartungen Lehramtsstudierender: Grenzen und Perspektiven selbsteingeschätzter Kompetenzen in der Lehrerbildungsforschung. In A. Gehrmann; U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle- Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 85–97). Klinkhardt.

Drossel, K., Eickelmann, B., & Gerick, J. (2017). Predictors of teachers' use of ICT in school–the relevance of school characteristics, teachers' attitudes and teacher collaboration. *Education and Information Technologies*, 22, 551-573.

Fishbein, M., & Ajzen, I. (2011). *Predicting and changing behavior: The reasoned action approach*. Taylor & Francis.

Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572-2593.

Herzig, B., & Wiethoff, C. (2019). Konzeptionelle, strukturelle und inhaltliche Gestaltungsaspekte des Praxissemesters an der Universität Paderborn. In C. Caruso, & J. Woppowa (Hrsg.), *Praxissemester (Religion) in NRW: Bilanz und Perspektiven* (S. 6-20). Universität Paderborn.

KMK (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kulturministerkonferenz (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017)*.

Schwabl, F., & Vogelsang, C. (2021). CoViD-19 als Katalysator für die digitale Professionalisierung angehender Lehrpersonen? Analysen am Beispiel des Praxissemesters. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 40, 253-281.

Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2020). Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): A mixed-method study. *Educational Technology Research and Development*, 68, 319-343.

Tondeur, J., Van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134-144.

Valtonen, T., Hoang, N., Sointu, E., Näykki, P., Virtanen, A., Pöysä-Tarhonen, J., ... & Kukkonen, J. (2021). How pre-service teachers perceive their 21st-century skills and dispositions: A longitudinal perspective. *Computers in Human Behavior*, 116, 106643.

Vogelsang, C., Caruso, C., Seifert, A., & Schwabl, F. (2023). Wie entwickeln sich medienbezogene Einstellungen, selbsteingeschätzte Medienkompetenzen und motivationale Orientierungen angehender Lehrkräfte? Eine Sekundäranalyse von Evaluationsdaten zum Praxissemester im zweiten CoViD-19-bedingten Lockdown. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 22-50.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115-129.

Stefanie Herzog[1] [1]Universität Kiel/ IQSH Kiel/ IPN Kiel

Produktiver Einsatz chemischer Erklärvideos als ein Fokus des Landesprogramms „Zukunft Schule im digitalen Zeitalter“

Das im letzten Jahr gestartete schleswig-holsteinische Landesprogramm „Zukunft Schule im digitalen Zeitalter“ ist ein vom Land Schleswig-Holstein gefördertes Programm, das in Kooperation zwischen allgemein- und berufsbildenden Institutionen des Landes umgesetzt wird, indem an den Hochschulen (Kiel, Flensburg, Lübeck) tätige Educational Engineers und Mitarbeitende in Medienberatung sowie in Aus- und Fortbildung der Landesinstitute für allgemeine und berufliche Bildung (IQSH und SHIBB) Fachcluster bilden, um in allen Phasen der Lehrkräftebildung Lehr-Lern-Szenarien (weiter) zu entwickeln, so dass perspektivisch die digitalen Kompetenzen der Lernenden gefördert werden. Dabei stellt sich immer wieder die Frage nach den zentralen Fragen der Fachdidaktik: *Wie gelingt eine gute Lehrkräfte-Bildung? Welche Kompetenzen sollen wann wie am besten gefördert werden? Wie kann eine langfristige Motivation der Lernenden erreicht werden? Wie gelingt selbstreguliertes Lernen?*
Welche zentralen Konzepte sollten fachspezifisch oder fachübergreifend fokussiert werden? Und nicht zuletzt: *Welche (Rahmen)modelle und Erhebungsinstrumente stehen zur Verfügung und wo liegen deren Schwerpunkte?*
Das Landesprogramm kann gerade aufgrund seiner unbefristeten Anlage und unter Einbindung der verschiedenen Akteure der Bildung eine Möglichkeit bieten, viele dieser Fragen systematischer anzugehen als befristete Forschungsprojekte dies vermögen.

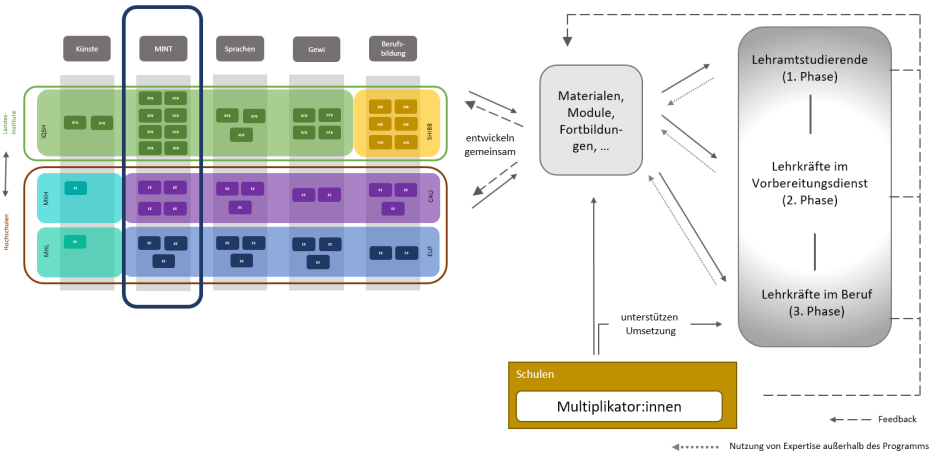


Abb.1: Zusammenarbeit der Akteure im Landesprogramm zur Entwicklung von Lehr-Lern-Szenarien

Für das MINT-Cluster, in dem auch die Chemie vertreten ist (vgl. Abb.1), haben sich demnach in erster Instanz verschiedene Schwerpunkte ergeben, mit denen sich die Mitwirkenden beschäftigen:

1) Auswahl des SAMR-Modells (Puentedura, 2006), um (angehenden) Lehrkräften eine niederschwellige Annäherung an die Einbindung digitaler Medien in den Unterricht zu verdeutlichen,
2) Arbeit an einer Synthese verschiedener Kompetenzmodelle,
3) Arbeit an Lehr-Lern-Szenarien zu zentralen naturwissenschaftlichen Foki wie Visualisierung von Phänomenen und Erklärungen, auch auf Teilchenebene, Messwerterfassung und -aufbereitung, Partizipation und Nachhaltige Entwicklung sowie Kollaboration

Der Bereich der Videoerstellung zur Erklärung chemischer Phänomene durch Lernende selbst fällt dabei in den letzten Schwerpunkt.
Auch wenn Schüler*innen vermehrt digitale Medien zum Konsumieren oder Wiederholen von Informationen nutzen (u.a. Rat Kulturelle Bildung, 2019), so wird deutlich, dass die Nutzung immer noch deutlich stärker rezeptiv als produktiv ist und vor allem jenseits von Schule in deren Freizeit erfolgt. Um die positiven Effekte der Erstellung von Erklärvideos von Lernenden zu nutzen (Hoogerheide, 2016), müssen (angehende) Lehrkräfte motiviert werden, ihre Schüler*innen solche Erklärvideos auch erstellen zu lassen. Aus dem Symposiumsbeitrag von Flerlage wird deutlich, dass die befragten Lehramtsstudierenden zwar diesbezüglich positive Kontrollüberzeugungen aufweisen - hohe bei den basalen, weniger hohe bei den erweiterten digitalen Kompetenzen, zu denen auch die Videoerstellung zählt. Gerade letzteres ist aber dann auch fachspezifisch noch ausbaufähig, so dass Lehramtsstudierenden explizite und fachspezifische Lerngelegenheiten zuerst selbst ermöglicht werden sollten. Im Symposiumsbeitrag von Vogelsang zeigt sich fachübergreifend, dass Medienerfahrungen in der Schule die eigentlichen Anlässe darstellen und allgemeine Module der 1. Phase eine weniger starke Auswirkung auf die Nutzung von digitalen Medien in der Schule haben. Die erhobenen Vor- & Medienerfahrungen (auch zur Video-Erstellung) verbleiben in der Erhebung auf einem eher niedrigen Niveau. Dies spricht auch dafür, die Lerngelegenheiten zur Mediennutzung fachspezifisch auszurichten (vgl. u.a. DiKoLAN – Becker et al., 2020) und systemisch zu verankern (vgl. u.a. Tondeur et al., 2012).
Daher werden Vorarbeiten im Rahmen des Chemie-Lehramtsstudiums der Universität Kiel genutzt, um daraus perspektivisch einen systematischen Kompetenzaufbau auch im Hinblick auf Erstellung und Einsatz von Erklärvideos umzusetzen. Exemplarisch ist hier ein Modul im Master zu erwähnen, bei dem Studierende in einem Corona-Semester nach einer Analyse verschiedener analoger und digitaler Medien ein eigenes digitales (statisches oder dynamisches) Unterrichtsmedium erstellen und im Hinblick auf spezifische fachdidaktische Aspekte diskutieren sollten. Dazu wurden den Studierenden im Sinne eines Supports nach Tondeur et al. (2012) Beispiele gezeigt, diese gemeinsam diskutiert und die Umsetzung entlang eines Cognitive-Apprentice-Ship-Ansatzes (Modelling, Scaffolding, Coaching und Fading; vgl. Oriol, Tumulty & Snyder, 2010) unter Einbindung eines Mediengestalters für u.a. Video-Dreh angeregt. Darüber hinaus war eine generelle Ansprechbarkeit über digitale Sprechstunden und Mailerreichbarkeit gegeben. Als Erkenntnis ließ sich ableiten, dass große Lernbedarfe der Studierenden mit Blick auf (digitale) Medien identifiziert werden konnten(u.a. Lizensierung und Urheberrecht, technische Umsetzung). Positiv fiel auf, dass Studierende die Notwendigkeit einer fachdidaktischen Reflexion von vorausgewählten und selbst erstellten Erklär-Videos im Hinblick auf spezifische Eignungen für eine Nutzung mit Blick auf Lernziele und -gruppen selbst identifizierten und dass die Studierenden selbst realisierten, dass durch die Video-Erstellung der erwartete Ablauf eines Experiments im

Vorfeld genauer durchdacht werden musste (z.B. im Hinblick auf auftretende Effekte) als dies beim Abarbeiten eines Skripts im Praktikum erfolgt wäre – eine notwendige Kompetenz im Hinblick auf Unterrichtsplanung, die sich auf ein vergleichbares Durchdenken von Demonstrationsexperimenten im Vorfeld der eigentlichen Durchführung übertragen ließe. Weniger positiv war die Tatsache, dass etwa die Hälfte der Studierenden durch eine möglicherweise zu offene Aufgabenstellung und ggf. auch durch die Benotungsnotwendigkeit der Modulleistung auf die Gestaltung eher klassischer Medien (Arbeitsblätter) zurückgriffen.
Um diese selbst erfahrene Lerngelegenheit zur Erstellung von Erklärvideos in ein mögliches schulisches Lehr-Lern-Szenario auszubauen, könnte basierend auf dem Projekt KriViNat (Kritischer Umgang mit Videos im naturwissenschaftlichen Unterricht) der Bergischen Universität Wuppertal (Zeller & Bohrmann-Linde, 2022) nach dem Betrachten eines (fehlerhaften) Videos im Internet, Nachstellen des Versuchs mit der Erkenntnis, dass dieser so nicht zum gewünschten Ergebnis führt, der gemeinsamen Erarbeitung der korrekten fachlichen Erklärung und möglicher technischer Manipulationsmöglichkeiten selbst ein richtigstellendes Erklärvideo produziert werden, was dann über das Projekt hinausgehend zusätzlich auf vergleichbaren Kanälen zur Verfügung gestellt werden könnte, wie die, auf denen das ursprüngliche Video gefunden worden war.
Durch diese Ergänzung der Projektidee um das Hochladen des korrekten Videos können alle drei Ziele der Videoerstellung durch Lernende adressiert werden: 1) fachimmanent wird hier der Erkenntnisgewinnungsprozess fokussiert; 2) fachübergreifend wird die Medienkompetenz (KMK, 2016 und IQSH, 2023) gefördert, da die Intentionen von und Reflexion der Manipulierbarkeit durch Medien erarbeitet wird; und 3) die eigene Wirksamkeit der Lernenden bzw. Agency wird gefördert (vgl. OECD Learning compass), indem Lernende als „creators who make contributions beyond school" (Spires et al., 2012, S. 488) fungieren können.
Es ist geplant, diese Ausrichtung der Videoerstellung perspektivisch auch mit einem anderen Schwerpunkt des Landesprogramms zu kombinieren, der Kollaboration. Dazu werden in einer Austauschplattform die verschiedenen Personengruppen im Sinne einer Community of Practice (u.a. Ostermeier, Prenzel, & Duit, 2010) zusammengebracht, um basierend auf Alltagsphänomenen, die Lernende faszinieren, einen Austausch zwischen Schüler*innen, Studierenden, Referendar*innen und Lehrkräften zu ermöglichen und dabei die Fähigkeiten aller Beteiligten zu nutzen und gleichzeitig zu fördern (vgl. Abb. 2).

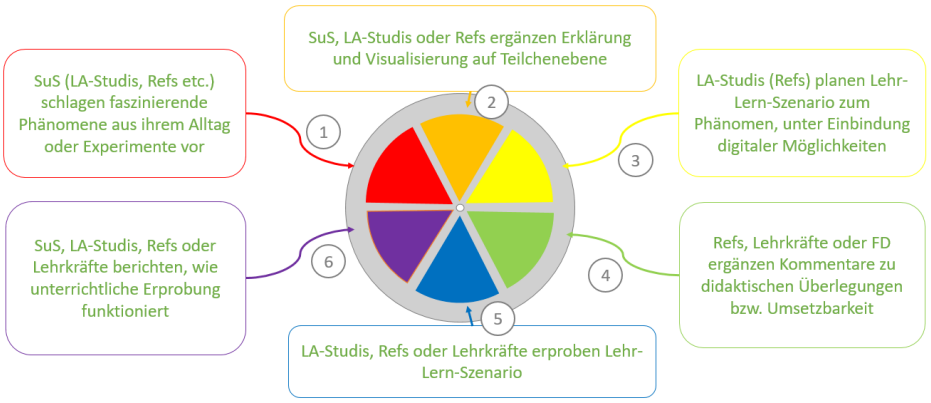


Abb. 2: mögliche Plattform zur Kollaboration i.S. einer Community of Practice als Ausblick

Literaturverzeichnis:

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). DiKoLAN: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften. Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. https://dikolan.de/

Bertelsmann Stiftung et al. (2021). OECD Lernkompass 2030 - OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030, Rahmenkonzept des Lernens.

Hoogerheide, V. (2016) Effects of Observing and Creating Video Modeling Examples on Cognitive and Motivational Aspects of Learning. Dissertation, Erasmus Universität Rotterdam.

IQSH (2023). Lehren und Lernen in der digitalen Welt - Perspektiven zur Kompetenzentwicklung in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften an allgemeinbildenden Schulen in Schleswig-Holstein. Kronshagen.

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt “. Berlin. https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

MBWK-SH (2022). Fachanforderungen Chemie, S. 13.

Oriol, M. D., Tumulty, G., & Snyder, K. (2010). Cognitive apprenticeship as a framework for teaching online. MERLOT Journal of Online Learning and Teaching, 6(1), 210–217.

Ostermeier, C., Prenzel, M., & Duit, R. (2010). Improving Science and Mathematics Instruction: The SINUS Project as an example for reform as teacher professional development, International Journal of Science Education, 32:3, 303-327.

Puentedura, R. (2006). *Transformation, technology, and education* [Blog post]. Verfügbar unter http://hippasus.com/resources/tte/ (letzter Zugriff: 27.10.2023).

Spires, H. A., Hervey, L. G., Morris, G., & Stelpflug, C. (2012). Energizing project-based inquiry: Middle-grade students read, write, and create videos. Journal of Adolescent & Adult Literacy, 55(6), 483-493.

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education. A synthesis of qualitative evidence. Computers & Education, 59 (1), 134–144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009

Zeller, D., & Bohrmann-Linde, C. (2022). #debunk YouTube-Videos - Ein didaktisches Konzept zum Einsatz von Videos im Chemieunterricht zur Stärkung der Digital Scientific Literacy, MNU journal, 75 (03), 197-201.

Sophia Siegmann[1]
Gunnar Friege[1]

[1]Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Leibniz Universität Hannover

Unterricht zum Thema Klimawandel: Untersuchungen von Instruktionsarten und Medienkompetenz

Im Rahmen des Teilprojekts „intervention“ des Projekts „Social Media and Climate Change“ (siehe SoMeCliCS unter www.someclics.com) der Leibniz Universität Hannover wurde eine Interventionsstudie in Gymnasien in Niedersachsen durchgeführt. Ziel der Studie ist die Erprobung eines Medienkompetenztrainings sowie die Untersuchung von Unterricht zum Klimawandel mithilfe dreier unterschiedlicher Instruktionen.

Theoretischer Hintergrund

Instruktionsarten

Die Studie beinhaltet drei Instruktionsansätze: direktes, problemlösendes und forschendes Lernen. Bei der direkten Instruktion wird der Unterricht durch die Lehrkraft stark geleitet beziehungsweise gelenkt (Seifried & Klüber, 2006). Eine vergleichsweise minimale Lenkung findet man im forschenden Lernen (Oyrer, 2018). Diese Art des Lernens gehört zu dem sogenannten schülerzentrierten Lernen. Eine weitere Form dieses Lernens ist das problemlösende Lernen, wobei die Lernenden vor ein Problem gestellt werden, welches es zu lösen gilt (Over, 2018 und Szymanski, 2008). In der Forschungsliteratur werden diese und andere Unterrichtsinstruktionen kontrovers diskutiert. Kirschner et al. (2006) schreiben in ihrem Artikel: “[…] minimally guided instruction is likely to be ineffective.” Dagegen finden sich Ergebnisse anderer Studie wie Knogler & Hetmanek (2017) oder Alexander et al. (2002), in denen von höheren Lernerfolgen gesprochen wird zum Beispiel beim Einsatz des forschenden Lernens. Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse werden diese Instruktionsarten in der Interventionsstudie zum Klimawandel untersucht.

Medienkompetenz

Durch die Verbreitung der sozialen Medien verändert sich der Umgang mit wissenschaftlichen Informationen. Jeder hat heutzutage die Möglichkeit Informationen zu teilen, ohne für diese als Experte zu gelten. Daher müssen Inhalte aus dem Internet detailliert betrachtet und bewertet werden (Höttecke, 2021). Zu diesem Zweck wurde ein Medienkompetenztraining (sowie ein zugehöriges Messinstrument) entwickelt, welches den Lernenden bei der Entscheidung über die Vertrauenswürdigkeit von Quellen und Informationen hilft.

Messinstrument

In der Studie werden die beiden Konstrukte Einstellungen und Schülervorstellungen genauer betrachtet. Die Einstellungen werden in dieser Studie mithilfe des Drei – Komponenten – Modells nach Rosenberg und Hovland (1960) definiert. Hierbei werden folgende drei Komponenten unterschieden: kognitiv (Fachwissen), affektiv (Gefühle und Ängste) und das Verhalten (Bohner, 2002). Die Items der Schülervorstellungen werden eingesetzt, um das physikalische Fachwissen zum Klimawandel zu erheben. Schülervorstellungen sind auch bekannt als Als – ob – Vorstellungen. Es handelt sich um spezielle Vorstellungen der Lernenden, welche aus Indizien erschlossen werden. Sie können demnach einzelnen Lernenden zugeschrieben werden, sodass es innerhalb einer Klasse auch zu verschiedenen Schülervorstellungen kommen kann (Schecker et al., 2018).

Forschungsfragen

Aus der Theorie ergeben sich für die Interventionsstudie die folgenden beiden übergeordneten Forschungsfragen:

- FF 1: Inwieweit ändern sich die Einstellungen und Schülervorstellungen der Lernenden in einem Unterricht zum Klimawandel in Abhängigkeit von der Instruktionsart?
- FF 2: Führt das Medienkompetenztraining zu einer verbesserten Medienkompetenz hinsichtlich der Entscheidung über die Vertrauenswürdigkeit von Quellen bei den Lernenden?

Methode

In einem Pre- und Posttest wurden die Einstellungen durch 15 Items (fünf je Konstrukt mit fünfstelliger Likert-Skala) und die Schülervorstellungen mit zehn Items (unter anderem aus dem CCCI von Schubatzky et al., 2023) erhoben. Die Fragebögen wurden online mit LimeSurvey beantwortet und mit SPSS ausgewertet. Insgesamt 21 Klassen von Gymnasien in Niedersachsen nahmen an der Studie zwischen November 2022 und März 2023 teil. Durchgeführt wurde der Unterricht in den Jahrgängen 9 und 10 in Niedersachsen. 415 Lernende beantworteten den Pretest und 389 Lernende den Posttest. Durch die drei Instruktionsarten sowie der Trainings- und Kontrollgruppe wurden sechs Gruppen betrachtet. Die Klassen wurden jeweils einer Gruppe zugeordnet.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt hierzu eine Übersicht der sechs Gruppen hinsichtlich der Ergebnisse der Einstellungen der Lernenden. Hierbei werden alle drei Komponenten gemeinsam betrachtet. Ein niedriger Balken zeigt hier eine klimafreundlichere Einstellung. Der Mann – Whitney – U – Test zeigte zwei signifikante Ergebnisse mit $*_1$: Z = 2,105; p = 0,035 und $*_2$: Z = 2,145; p = 0,031.

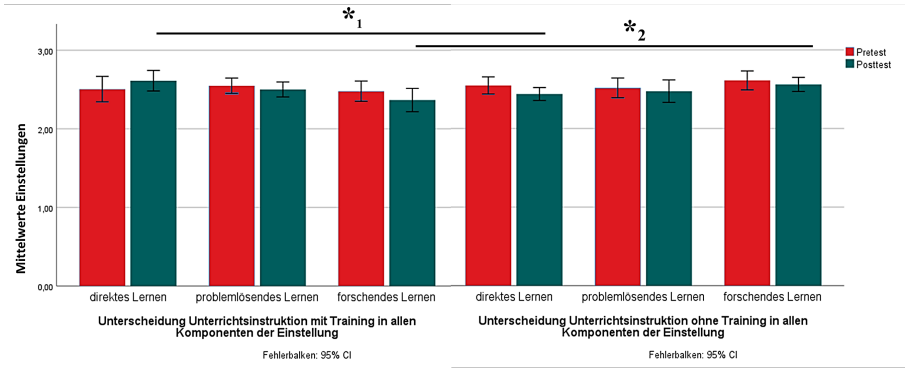


Abbildung 1: Ergebnisse des Pre- und Posttests der Einstellungen.

Die Ergebnisse der untersuchten Items zu den Schülervorstellungen finden sich in Abbildung 2. Ein hoher Balken zeigt weniger auftretende Schülervorstellungen, also mehr korrekte Antworten. Der Mann – Whitney – U – Test ergab hierbei drei signifikante Unterschiede in Pre- und Posttest. Die zweite und die fünfte Gruppe haben den problemlösenden Ansatz in der Intervention verfolgt und weisen die folgenden Unterschiede auf: $*_1$: Z = 2,659; p = 0,008 und $*_3$: Z = 2,768; p = 0,006. Das beste Ergebnis findet sich im direkten Lernen ohne

Medienkompetenztraining mit einem klaren signifikanten Unterschied zum Pretest: $*_2$: Z = 5,990; p = <0,001.

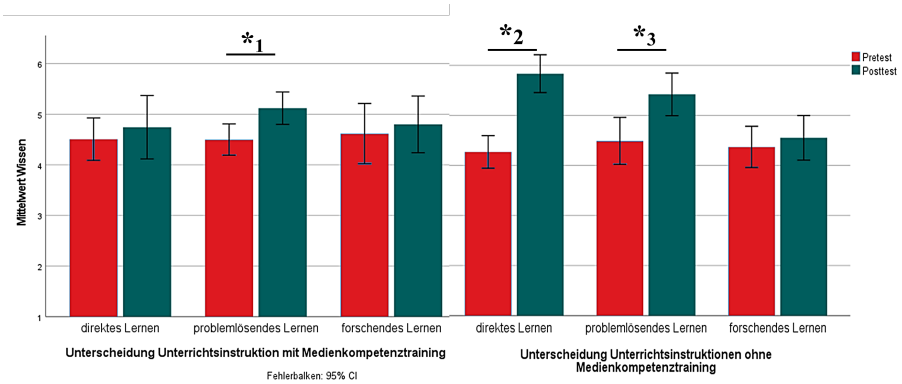


Abbildung 2: Ergebnisse des Pre- und Posttests der Schülervorstellungen

Ergebnisse der Wirkung des Medienkompetenztrainings wurden mit einem weiteren Fragebogen untersucht und können in diesem Rahmen nur zusammenfassend erwähnt werden. Inhaltlich sollte entschieden werden, welche Quelle vertrauenswürdig ist und warum. Lernende mit Teilnahme am Training wendeten das gelernte Wissen auch an. Lernende der Kontrollgruppe entschieden auf Basis des eigenen Vorwissens. Anhand der ausformulierten Begründungen der Lernenden lässt sich feststellen, dass Begründungen der Kontrollgruppe oft persönlich sind. Lernenden mit Teilnahme am Training verwenden dagegen oftmals allgemeingültige Argumente in ihren Begründungen.

Diskussion

Die Einstellungen der Lernenden zeigen bei den Gruppen zwei bis sechs eine klimafreundlichere Einstellung nach der Intervention. Ein signifikanter Unterschied (Abb. 1$*_2$) ist dabei insbesondere zwischen den Posttests der Gruppen des forschenden Lernens messbar. Diese Instruktion in Kombination mit dem Training ergibt eine klimafreundlichere Einstellung als bei der Gruppe des forschenden Lernens ohne die Durchführung des Trainings. Anderes zeigt sich in den Gruppen des direkten Lernens (Abb. 1 $*_1$). Daher lässt sich eine klimafreundlichere Einstellung nicht auf die Instruktionsart oder das Training zurückführen. Die Einstellungskomponenten müssen hierzu genauer überprüft werden. Dennoch lässt sich die Forschungsfrage beantworten, da in allen Gruppen eine Änderung der Einstellung nach der Intervention festzustellen ist. Die Ergebnisse der Schülervorstellungen (Abb.2) zeigen einen verbesserten Lernerfolg in jeder Gruppe. Signifikante Unterschiede finden sich jedoch nur im problemlösenden Lernen und direktem Lernen. Demnach lässt sich vermuten, dass Lenkung durch die Lehrkraft im Unterricht notwendig ist, um Schülervorstellungen zu korrigieren. Dennoch wird ersichtlich, dass auch schülerzentrierter Unterricht zu Änderungen in Einstellung und Schülervorstellungen führen kann. Kirschners (2006) Aussage sollte somit weiterhin kritisch betrachtet werden. Das forschende Lernen und damit nur minimale Lenkung der Lehrkraft zeigt in dieser Studie jedoch keine signifikanten Verbesserungen hinsichtlich der Schülervorstellungen. Da andere Forschungsergebnisse (vgl. Ergebnisse Knogler & Hetmanek, 2017) dennoch von Erfolgen berichten, ist eine weitere Studie geplant. Die positive Wirkung des Medienkompetenztrainings zeigt sich insbesondere in Formulierungen von Lernenden. Die Wirkung in Kombination mit den Instruktionsarten scheint keinen Zusammenhang zu zeigen (siehe Vergleich in Abb.1 und Abb.2).

Literatur

Alexander, P. A., Fives, H., Buehl, M. M., & Mulhern, J. (2002). Teaching as persuasion. Teaching and Teacher Education, 18, 795-813.

Bohner, G. (2002): Einstellungen. In: Wolfgang Stroebe, Klaus Jonas und Miles Hewstone (Hg.): Sozialpsychologie. Eine Einführung: Springer Berlin, Heidelberg, S. 265–315.

Höttecke, Di. (2021): Klimawandel in Medien. Drei Antworten, wie man Schülerinnen und Schüler auf Darstellungen des Klimawandels in den Medien vorbereiten kann. In: Naturwissen-schaften im Unterricht Physik 32 (183/184), S. 50–55.

Kirschner, P. A.; Sweller, J.; Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and In-quiry-Based Teaching. In: Educational Psycologist (41 (2)), S. 75–86. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/27699659_Why_Minimal_Guidance_During_Instruction_Does_Not_Work_An_Analysis_of_the_Failure_of_Constructivist_Discovery_Problem-Based_Experiential_and_Inquiry-Based_Teaching, zuletzt geprüft am 16.02.2022.

Knogler, M., Hetmanek, A. & CHU Research Group (2017). Forschendes Lernen oder lehrerzentrierte An-sätze im naturwissenschaftlichen Unterricht: Was ist effektiver? www.clearinghouse-unterricht.de, Kurz-review 1.

Oyrer, S. (2018): Forschendes Lernen als kreativer Erkenntnisweg im Physikunterricht der Sekundarstufe. In: Pädagogische Horizonte 2 (2), S. 15–35.

Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (Hg.) (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht: Springer Berlin, Heidelberg.

Seifried, J.; Klüber, C. (2006): Unterrichtserleben in schüler- und lehrerzentrierten Unterrichtsphasen. Unterrichtswissenschaft 34 (2006) 1, S. 2-21. In: Unterrichtswissenschaft 34. DOI: 10.25656/01:5507.

Schubatzky, T.; Wackermann, R.; Wöhlke, C.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Jedamski, M.; Lindemann, H.; Cardinal, K. (2023): Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. In: ZfDN 29 (1). DOI: 10.1007/s40573- 023-00159-8.

Szymanski, M. (2008): Globales Lernen - das Mystery als Lernmethode für vernetztes Denken im Geographieunterricht. wissenschaftliche Arbeit. Technische Universität Dresden. Institut für Geographie.

Treumann, K. P.; Meister, D. M.; Sander, U.; Burkatzki, E.; Hagedorn, J.; Kämmerer, M.; Strotmann, M. und Wegener, C. 2007. Medienhandeln Jugendlicher: Mediennutzung und Medienkompetenz; Bielefelder Medienkompetenzmodell. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften. http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-531-15293-6.

Angelika Bernsteiner[1]
Thomas Schubatzky[2]
Philipp Spitzer[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

[1]Universität Graz
[2]Universität Innsbruck

Sicht Lehramtsstudierender auf Unterricht im Zeitalter der Digitalität

Problemaufriss

Der fachdidaktisch sinnvolle Einsatz digitaler Medien als Erweiterung bestehender, analoger Möglichkeiten kann viele Vorteile für das Lehren und Lernen mit sich bringen (Hillmayr et al., 2020). Lehrkräfte setzen digitale Medien allerdings häufig eher als Ersatz analoger Medien ein. Selten werden für das Lernen sinnvolle, neue Möglichkeiten durch den Einsatz digitaler Medien aufgegriffen (Gutbrod, 2020). Damit Lehrkräfte das Potential ausschöpfen können, das digitale Medien bei sinnvoll begründetem Einsatz zur Verbesserung von Lehr-Lern-Prozessen haben können, müssen sie bereits im Rahmen ihrer Ausbildung gut darauf vorbereitet werden (Hillmayr et al., 2020). Mit dem Ziel zur Professionalisierung angehender Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräfte beizutragen, ihren Fachunterricht durch den Einsatz digitaler Medien innovativ und hinsichtlich der Lehr-Lernprozesse verbessert umzusetzen, wird an der Universität Graz die Lehrveranstaltung „Fakten, Fakes und Algorithmen“ entwickelt und beforscht. Dem Paradigma des Design-Based Research (McKenney et al., 2012) folgend, wurden Lernarrangements zum forschenden Lernen mit Arduino (Teil 1 der Lehrveranstaltung (Bernsteiner, Haagen-Schützenhöfer et al., 2023; Bernsteiner et al., accepted) und zur Förderung eines kritischen Umgangs mit (Des)-informationen (Teil 2 der Lehrveranstaltung (Bernsteiner, Schubatzky & Haagen-Schützenhöfer, 2023)) entwickelt. Erste Umsetzungen der Lehrveranstaltung zeigen, dass Studierende nach dem Besuch der Lehrveranstaltung ihre digitalen Kompetenzen (Selbsteinschätzung des technologisch-pädagogischen Inhaltswissens nach Mishra und Koehler (2006) anhand der Items von Stinken-Rösner (2021)) sowie ihre Selbstwirksamkeits-erwartung bzgl. digitaler Messwerterfassung (Items zur Selbsteinschätzung adaptiert nach Vogelsang et al. (2019)) und bzgl. des Umgangs mit Desinformationen höher einschätzen (Bernsteiner, Schubatzky & Haagen-Schützenhöfer, 2023; Bernsteiner et al., accepted). Allerdings lassen Aussagen von Studierenden und Beobachtungen der Lehrveranstaltungs-leiter:innen vermuten, dass Studierende Bedenken haben, digitale Medien im Unterricht einzusetzen. Diese Beobachtungen sind nun der Ausgangspunkt für eine Analyse und Exploration dieser wahrgenommen Problematik.

Untersuchungsfragen

Um erste Einblicke in Überzeugungen Studierender im Kontext des unterrichtlichen Einsatzes digitaler Medien zu bekommen, wurde unter anderem folgenden Fragen nachgegangen:

F.1. Wie wirkt sich das entlang von Design-Kriterien entwickelte Lehrveranstaltungs-Design auf den von den Studierenden erwarteten Nutzen digitaler Medien aus?

F.2. Inwieweit sehen Studierende durch den Einsatz digitaler Medien einen Mehrwert für den Unterricht?

Stichprobe

Die Lehrveranstaltung wurde während zweier Semester mit Lehramtsstudierenden umgesetzt.

In den Tabellen 1 und 2 werden die beiden Stichproben vorgestellt. Zur Beantwortung von F.1. wurden Studierenden-Angaben beider Lehrveranstaltungen herangezogen (Tab. 1 und Tab. 2). Für die Beantwortung von F.2. wurden nur Daten aus dem Wintersemester 2022/23 (Tab. 2) verwendet, weil hier die Studierenden relevante Reflexionsstimuli bekommen hatten.

Tab. 1: Stichprobenbeschreibung der Studierenden aus dem Sommersemester 2022

N_{gesamt}	Geschlecht	Alter (Jahre)	Fach	Studium und Semester (M ± SD)
17	$N_{männlich} = 10$ $N_{weiblich} = 7$	25.5 ± 5.0	$N_{Biologie} = 5$ $N_{Biologie/Chemie} = 1$ $N_{Biologie/Physik} = 1$ $N_{Mathematik/Physik} = 3$ $N_{Mathematik} = 4$ $N_{Physik} = 2$ $N_{kein\ math.-nawi.} = 1$	$N_{Bachelor} = 9$; 6.5 ± 4.1 $N_{Master} = 8$; 2.1 ± 1.0

Tab. 2: Stichprobenbeschreibung der Studierenden aus dem Wintersemester 2022/23

N_{gesamt}	Geschlecht	Alter (Jahre)	Fach	Studium und Semester (M ± SD)
13	$N_{männlich} = 7$ $N_{weiblich} = 6$	22.9 ± 2.1	$N_{Biologie} = 3$ $N_{Biologie/Chemie} = 1$ $N_{Mathematik/Physik} = 3$ $N_{Physik} = 3$ $N_{kein\ math.-nawi.} = 3$	$N_{Bachelor} = 13$; 6.5 ± 4.1

Methodisches Herangehen

Die von uns entwickelte Lehrveranstaltung wurde zur Analyse von Lernprozessen der Studierenden und zur Reflexion des Lehrveranstaltungsdesigns formativ evaluiert. Dazu haben wir einen Mixed-Methods Ansatz verfolgt: Zu Beginn der Lehrveranstaltung (Pre-Test), nach der Arbeit mit Arduino (Mid-Test) und nach der Bearbeitung von Aufgabenstellungen zu Desinformationen (Post-Test), wurden digitale Erhebungen umgesetzt. Ergänzend führten die Studierenden ein digitales Reflexionstagebuch. Zur Reflexion über ihre Lernprozesse und die Inhalte der Lehrveranstaltung gab es Reflexionsstimuli. Basierend auf unseren Beobachtungen, dass Studierenden dem Einsatz digitaler Medien gegenüber kritisch zu sein scheinen, analysierten wir die zur formativen Evaluation der Lehrveranstaltung erhobenen Daten, um erste Einblicke in diese Thematik zu bekommen und damit eine Grundlage für weitere, zielgerichtete und tiefgreifendere Analysen zu leisten. Zur Beantwortung von F.1. wurden die Angaben der Studierenden aus Tab. 1 und Tab. 2 zum von ihnen erwarteten Nutzen digitaler Medien in den Pre-Mid-Post-Erhebungen verwendet. Die Erhebung dieses Konstrukts erfolgte mittels 5-stufiger Skala anhand der Items von van Braak et al. (2004). In Tabelle 3 werden die eingesetzten Items dargestellt. Da das fünfte Item die Skalenreliabilität verschlechterte (Crohnbachs $\alpha = .62$), haben wir nur die ersten vier Items des Konstrukts für unsere Analyse herangezogen (Crohnbachs $\alpha = .92$).

Zur Beantwortung von F.2. wurden die Reflexionsjournale der Studierenden aus Tab. 2 mittels evaluativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) untersucht, um daraus induktiv erste Kategorien bzgl. des von Studierenden empfundenen (Mehr)werts digitaler Medien zu bilden.

Tab. 3: Erhebungs-Items zum erwarteten Nutzen digitaler Medien (van Braak et al., 2004)

Item 1	Ich glaube, dass eine zunehmende Nutzung digitaler Medien im Unterricht den Bedürfnissen heutiger Schüler:innen entgegenkommt.
Item 2	Ich glaube, dass es notwendig ist, digitale Medien im Unterricht zu integrieren.
Item 3	Ich finde, dass digitale Medien nützlich für den Unterricht sind.
Item 4	Ich schätze den Mehrwert sehr, der durch den Einsatz von digitalen Medien in den Unterricht entsteht.
Item 5	Ich bin nicht daran interessiert, digitale Medien in meinem Unterricht zu verwenden.

Ergebnisse

In Tab. 4 wird die deskriptive Statistik zu F.1. dargestellt. Nach der Arbeit mit Arduino (Mid-Test) hat es einen Abfall des erwarteten Nutzens gegeben (Tab. 1), der jedoch statistisch nicht festgemacht werden konnte. Ein Friedman-Test mit Post-Hoc-Analyse zeigt jedoch, dass Studierende nach der Bearbeitung von Aufgabenstellungen zu Desinformationen (Post-Test) digitalen Medien einen größeren Nutzen zuschreiben als nach der Arbeit mit Arduino (Mid-Test): $z = -2.138$, $p = .033$, $n = 28$, $r = .404$, Mdn_{MID}: 4.25, Mdn_{POST}: 4.50.

Tab. 4: Deskriptive Statistik zum von den Studierenden erwarteten Nutzen digitaler Medien

	N	Mittelwert	Standartabweichung	Median	Minimum	Maximum
PRE	29	4.27	.82	4.50	2.25	5
MID	28	4.03	.95	4.35	1.75	5
POST	28	4.31	.78	4.50	1.75	5

Im Zuge der Inhaltsanalyse der Reflexionsjournale von Studierenden aus Tab. 2 konnten wir in 9 Journalen Aussagen mit Bezug zu F.2. finden und daraus erste Kategorien bzgl. des von Studierenden wahrgenommenen (Mehr)werts digitaler Medien für den Unterricht bilden. Studierende sprechen digitalen Medien eher einen Mehrwert bezogen auf organisatorische Tätigkeiten (z.B. elektronisches Klassenbuch) zu. Bezogen auf Lehr-Lernprozesse werden eher negative Auswirkungen digitaler Medien, wie der Verlust eigenständigen Denkens, genannt. Folgende erste Kategorien wurden aus Studierenden-Äußerungen ($N_{Stud.}$) gebildet: Vereinfachung von Unterrichtsorganisation ($N_{Stud.} = 5$), Kompetenz-Verlust ($N_{Stud.} = 3$), Veränderung funktionierender Systeme ($N_{Stud.} = 3$), zeitlicher Aufwand ($N_{Stud.} = 2$), mangelnde Ruhezeiten für Lehrpersonen und Schüler:innen ($N_{Stud.} = 2$), Überforderung der Schüler:innen ($N_{Stud.} = 2$).

Diskussion der Ergebnisse

Der Einsatz digitaler Medien in den Unterricht setzt eine entsprechend positive Einstellung von Lehrkräften voraus. Daher ist es essentiell, im Rahmen der Professionalisierung von Lehrkräften sowohl kognitive, als auch affektive Aspekte zu adressieren (Bürger et al., 2021). Unsere Ergebnisse bieten einen ersten Einblick in die durchaus ablehnende Sichtweise Lehramtsstudierender auf Unterricht mit digitalen Medien und schließen somit an Erkenntnisse von Braun et al. (2022) an. Die von uns gebildeten Kategorien hinsichtlich des von Studierenden wahrgenommenen (Mehr)werts digitaler Medien sollen als Ausgangspunkt für weitere Analysen dienen.

Literaturverzeichnis

Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C., Spitzer, P. & Schubatzky, T. (2023). Entwicklung und Beforschung einer Lehrveranstaltung zu Physical Computing mit Arduino in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung. *Progress in Science Education (PriSE)*, *6*(2), 63–90. https://doi.org/10.25321/prise.2023.1410

Bernsteiner, A., Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2023). Misinformation as a Societal Problem in Times of Crisis: A Mixed-Methods Study with Future Teachers to Promote a Critical Attitude towards Information. *Sustainability*, *15*(10), 8161. https://doi.org/10.3390/su15108161

Bernsteiner, A., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C. & Spitzer, P. (accepted). Impact of working with Arduino on mathematics and science teacher students' self-assessment of TPACK and self-efficacy. In *GIREP Conference 2022.* Symposium im Rahmen der Tagung von GIREP, Ljubljana.

Braun, A., Weiß, S. & Kiel, E. (2022). Überzeugungsmuster angehender Lehrpersonen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 235–259. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2022.12.08.X

Bürger, N., Haselmann, S., Baumgart, J., Prinz, G., Girnat, B., Meisert, A., Menthe, J., Schmidt-Thieme, B. & Wecker, C. (2021). Jenseits von Professionswissen: Eine systematische Überblicksarbeit zu einstellungs- und motivationsbezogenen Einflussfaktoren auf die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *24*(5), 1087–1112. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01050-3

Gutbrod, J. (2020). Chancen und Limitierungen der Digitalisierung von Unterricht. *TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, *29*(1), 44–49. https://doi.org/10.14512/tatup.29.1.44

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I. & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, *153*, 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. http://www.beltz.de/de/nc/verlagsgruppe-beltz/gesamtprogramm.html?isbn=978-3-7799-3682-4

McKenney, S., Reeves, T. & Herrington, J. (2012). *Conducting Educational Research Design: Contributing to Practice and Theory through Practitioner-Researcher Collaboration*. Routledge; Taylor & Francis Group.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, *108*(6), 1017–1054.

Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung: Integriert statt zusätzlich. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Vorsitz), *DPG-Frühjahrstagung*.

van Braak, J., Tondeur, J. & Valcke, M. (2004). Explaining different types of computer use among primary school teachers. *European Journal of Psychology of Education*, *19*(4), 407–422. https://doi.org/10.1007/BF03173218

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Rita Elisabeth Krebs[1]
Marvin Rost[1]
Anja Lembens[1]

[1]Universität Wien

Säure-Base-Reaktionen in der SEK II – eine Interventionsstudie

Das Konzept "Säuren und Laugen – nicht nur ätzend" (Demuth & Schöttle, 2014) ist ein humorvoller Ansatz, Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe zu unterrichten und zählt zu den zahlreichen Lehr-Lern-Konzepten zu diesem Thema. Je nach Zielgruppe stellen diese Konzepte eher die sauren und basischen Lösungen oder die zugrunde liegenden Ursachen auf der submikroskopischen Ebene in den Vordergrund (Taber, 2013). Ein problematischer Aspekt dieses Themas ist jedoch jener, den de Vos and Pilot (2001, p. 494) als „Sedimentierung" bezeichnen: Säure-Base-Reaktionen wurden über die Jahre mit historischen Konzepten und Bezügen aus dem Alltag so angereichert, dass es sich um ein Kapitel mit sehr vielen, komplexen Inhalten handelt. Dies macht sich sowohl in der chemischen Fachsprache als auch in der Alltagssprache bemerkbar: Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted sind Protolysen, nach Arrhenius werden sie als Neutralisationsreaktionen mit Salzbildung definiert (Paik, 2015). Auch im Alltag spricht man davon, dass Säure und Base einander „neutralisieren", indem man zum Beispiel Medikamente wie Bullrich-Salz® betrachtet, welche bei Sodbrennen eingesetzt werden. Auch in den Schulbüchern der österreichischen Sekundarstufe findet sich oftmals eine Vermischung verschiedener Säure-Base-Konzepte (Lembens et al., 2019), und teilweise kombinieren Lehrpersonen Konzepte wie jenes nach Brønsted und Arrhenius zu Hybridkonzepten (Alvarado et al., 2015). Diese Vermischung von historischen Konzepten kann zur Entwicklung alternativer Vorstellungen beitragen, weshalb im Sinne einer Komplexitätsreduktion entweder ein Säure-Base-Konzept für den Unterricht gewählt wird, welches ausreichend viele Säure-Base-Reaktionen gut erklärt (Hawkes, 1992), oder historische Konzepte in ihrer Entwicklung nachvollzogen werden, um mehr über Nature of Science (NoS) und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu lernen (Jiménez-Liso et al., 2020). Die hier vorgestellte Lernumgebung beabsichtigt mit dem Fokus ersteres, wobei Säure-Base-Reaktionen durch die Anwendung des Electron Pushing Formalisms (Ghosh & Berg, 2014) und verschiedener Modellierungen (Barke, 2015; Watson et al., 2020) anschlussfähiger an andere Reaktionstypen werden sollen (Krebs & Lembens, 2023). Die im Zuge eines Design-Based Research Projekts (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) entwickelte Lernumgebung wurde zuerst kleinschrittig mittels qualitativer Methoden erprobt und weiterentwickelt (Krebs & Lembens, 2024) und dann in einer größeren Interventionsstudie evaluiert (Krebs et al., 2023). Im nachfolgenden Beitrag wird untersucht, inwiefern Lernende in der Interventionsstudie Aspekte des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted fachlich angemessen definieren und erklären können und ein Ausblick auf Implikationen in der Praxis gegeben.

Forschungsdesign und Methoden

In der Hauptstudie des hier vorgestellten Projekts wurde die entwickelte Lernumgebung in Kooperation mit drei Lehrpersonen an zwei österreichischen Gymnasien mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt evaluiert. Hierzu wurde ein selbst konzipierter Rasch-skalierter Multiple-Choice-Wissenstest zu Säure-Base-Reaktionen zuerst pilotiert (N=134) und überarbeitet (Krebs et al., 2023), und anschließend gemeinsam mit sechs offenen Fragen

in Form eines Prä-Post-Settings eingesetzt. 57 Schüler:innen der Sekundarstufe II erhielten zunächst einen digitalen Prä-Test, der aus elf Multiple-Choice-Items und den sechs offenen Fragen bestand. Anschließend wurden von den teilnehmenden Lehrpersonen die sechs Unterrichtsstunden der Lernumgebung mittels Handreichung und zur Verfügung gestellten Materialien durchgeführt. Die Lehrpersonen dokumentierten Fragen und Unklarheiten bei der Arbeit mit dem Material, um einen weiteren Design-Zyklus und Vorschläge zur Überarbeitung der Unterlagen zu ermöglichen. Abschließend führten die Lernenden einen Post-Test durch, bestehend aus elf Multiple-Choice-Items mit ähnlicher Schwierigkeit und ähnlichem Inhalt sowie denselben sechs offenen Fragen, um ihren Zuwachs an deklarativem Wissen zu untersuchen. Die offenen Fragen leiteten die Schüler:innen dazu an, den zentralen Inhalt der letzten Unterrichtseinheiten zusammenzufassen, Säure-Base-Reaktionen, Säure und Base zu definieren und die Begriffe Säurestärke und Basenstärke zu klären. Diese offenen Fragen wurden mittels skalierender Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet, sowie mittels thematischer Analyse (Braun & Clarke, 2022) in übergreifende Kategorien sortiert. In weiterer Folge wird auf einige Ergebnisse aus der thematischen Analyse eingegangen, um über die Multiple-Choice-Aufgaben hinaus zu verstehen, was über das Säure-Base-Konzept im Zuge der Intervention gelernt wurde.

Ergebnisse

Bei der Auswertung der Schüler:innentexte wurden die folgenden Kategorien gebildet:

- Definition nach Brønsted
- Teilaspekte der Definition nach Brønsted
- Mangelhafte Definition, alternative Vorstellung
- anderes Säure-Base-Konzept (z. B. nach Arrhenius, Fokus auf pH-Wert)
- Paraphrase der Angabe
- fehlende Antwort

Abb. 1. Definitionen der ausgewählten Fachwörter.

Bei der Aufgabe, *Säure-Base-Reaktionen* zu erklären, formulierten viele Schüler:innen im Prä-Test eine Paraphrase der Angabe und es waren auch einige Nennungen von anderen Säure-Base-Konzepten zu finden. Beispielsweise beruft sich ein Schüler teilweise auf das Arrhenius-Konzept: „Bei einer Säure - Base Reaktion, reagieren eine Säure mit einer Base zu einem Salz und einem Wasser unter abgabe [sic] von Wärme (exoterm) [sic]". Derselbe Schüler definiert die Säure-Base-Reaktion im Post-Test hingegen nach der Definition von Brønsted: „Bei einer Säure-Base Reaktion gibt Säure ein H Atom ab und die Base nimmt eins auf". Bei der Definition der Fachwörter *Säure* und *Base* überwiegen in den Prä-Tests die Definitionen nach anderen Säure-Base-Konzepten (vorrangig werden hier Definitionen nach Arrhenius und über das Verhalten von sauren und basischen Lösungen genannt), während im Post-Test viele Schüler:innen erfolgreich das Konzept nach Brønsted anwenden oder wichtige Teilaspekte nennen. Ein vorherrschendes Problem ist jedoch, dass die Schüler:innen Stoff und Teilchen verwechseln (beispielsweise ist eine Säure „[e]in Stoff mit niedrigem ph-Wert und einem Wasserstoffatom"). Insbesondere das Fachwort *Base* dürfte den Schüler:innen jedoch Schwierigkeiten bereitet haben, da sowohl im Prä- als auch im Post-Test *Basen* als Gegenspielerinnen oder „Gegenteil" von *Säuren* definiert wurden (vgl. Sheppard, 2006).

Diskussion

Die hier vorgestellte qualitative Facette des Gesamtprojekts zeigt Zuwächse beim deklarativen Wissen zum Säure-Base-Konzept nach Brønsted. Während mittels des Multiple-Choices-Tests Aussagen über die Personenfähigkeiten der teilnehmenden Lernenden gemacht werden konnten und so gezeigt wurde, dass die Lernenden nach der Intervention mehr über Säure-Base-Reaktionen wussten als vorher, zeigen die Antworten auf die offenen Fragen, sie zumindest teilweise zentrale Aspekte des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted verinnerlicht haben und auch erklären können. Auch wurden einige Erkenntnisse aus früheren Studien zu Lernendenvorstellungen bekräftigt, da einige Lernende Basen nur als Gegenspielerinnen von Säuren wahrnehmen (Sheppard, 2006), historische Konzepte vermischen (Hawkes, 1992) oder Stoff und Teilchen verwechseln (Barke, 2015).

Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag präsentiert einen Einblick in die Hauptstudie eines Design-Based Research Projekts zur Entwicklung einer Lernumgebung. Ziel der Lernumgebung ist es, Säure-Base-Reaktionen in einer anschlussfähigen, fachlich adäquaten und nachvollziehbaren Weise zu unterrichten. Für diesen Zweck wurden verschiedene Visualisierungen (z. B. Electron Pushing Formalism) in einer Intervention in der Sekundarstufe II eingesetzt, und das deklarative Wissen der Lernenden im Prä-Post-Setting verglichen. Wie oben dargestellt hat die Lernumgebung Lernende dabei unterstützt, das Säure-Base-Konzept nach Brønsted zu verstehen und zu erklären. Für die Praxis ergibt sich aus diesen Ergebnissen und denen früherer Untersuchungen des Projekts (Krebs, Rost & Lembens, 2023; Krebs & Lembens, 2024), dass ein ausgewähltes Säure-Base-Konzept mit Fokus auf Nachvollziehbarkeit und Anschlussfähigkeit. Das hier gewählte Brönsted-Konzept bietet ausreichend Komplexität, um viele Säure-Base-Reaktionen sowie das Verhalten saurer und basischer Lösungen zu erklären, und der Reaktionsmechanismus ist mit Visualisierungen und Pfeildarstellungen gut nachvollziehbar.

Literatur

Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A., & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *CERP, 16(3)*, 603–618. https://doi.org/10.1039/C4RP00125G

Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen. *Chemie & Schule, 30(1),* 10–15.

Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE.

Demuth, R., & Schöttle, M. (2014). Säuren und Laugen: nicht nur ätzend. *Chemie Im Kontext - Sekundarstufe I*, 5–55.

deVos, W., & Pilot, A. (2001). Acids and Bases in Layers: The Stratal Structure of an Ancient Topic. *Journal of Chemical Education, 78(4),* 494. https://doi.org/10.1021/ed078p494

Ghosh, A., & Berg, S. (2014). *Arrow pushing in inorganic chemistry: A logical approach to the chemistry of the main-group elements.* John Wiley & Sons Inc. https://doi.org/10.1002/9781118924525

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research, 16(2).* https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152

Hawkes, S. J. (1992). Arrhenius confuses students. *Journal of Chemical Education, 69(7),* 542. https://doi.org/10.1021/ed069p542

Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L., & Dillon, J. (2020). Changing How We Teach Acid-Base Chemistry: A Proposal Grounded in Studies of the History and Nature of Science Education. *Science & Education*, 1–25. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00142-6

Krebs, R. E., & Lembens, A. (2023). Säure-Base-Reaktionen in der SEK II - Evaluierung einer Lernumgebung. In H. van Vorst (Ed.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (pp. 438–442). GDCP Jahrestagung.

Krebs, R. E., Rost, M., & Lembens, A. (2023). Developing and evaluating a multiple-choice knowledge test about Brønsted-Lowry acid-base reactions for upper secondary school students. *Chemistry Teacher International, 5(2),* 177-188. https://doi.org/10.1515/cti-2022-0038

Krebs, R. E., & Lembens, A. (2024). ‘‘Acids are those dangerous green liquids, and what’s a base?’’ – Evaluating upper secondary students’ ‘acceptance’ of a learner-appropriate approach to teaching about acid-base reactions. *PriSE, 7(1)*, 26-39. https://doi.org/10.25321/prise.2024.1423/

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C., & Reiter, K. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning ‘acids and bases’ in lower secondary school. *Chemistry Teacher International, 1(2),* 1-11. https://doi.org/10.1515/cti-2018-0029

Paik, S.-H. (2015). Understanding the Relationship among Arrhenius, Brønsted–Lowry, and Lewis Theories. *Journal of Chemical Education, 92(9),* 1484–1489. https://doi.org/10.1021/ed500891w

Sheppard, K. (2006). High school students’ understanding of titrations and related acid-base phenomena. *CERP, 7(1),* 32–45. https://doi.org/10.1039/B5RP90014J

Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *CERP, 14(2),* 156–168.

Watson, S. W., Dubrovskiy, A. V., & Peters, M. L. (2020). Increasing chemistry students’ knowledge, confidence, and conceptual understanding of pH using a collaborative computer pH simulation. *CERP, 21(2),* 528–535. https://doi.org/10.1039/c9rp00235a

Robin Dexheimer-Reuter Technische Universität Darmstadt
Verena Spatz

Studentische Physiktutor:innen: Effekte der Lehr-Lernüberzeugungen

Studentische Tutor:innen und Übungskonzept an der TU-Darmstadt

An der Technischen Universität Darmstadt, wie auch vielen anderen Hochschulen, spielen studentische Tutor:innen, Studierende die Lehrverantwortung für ihre Kommiliton:innen übernehmen, eine wichtige Rolle in der Lehre (Glathe, 2017; Kröpke, 2015; Zitzelsberger et al., 2019). Das aktuelle Projekt fokussiert sich auf Übungsleiter:innen, also Tutor:innen die vorlesungsbegleitende Übungsgruppen betreuen.
In diesen Übungsgruppen liegt in der Physik an der TU Darmstadt der Schwerpunkt auf dem eigenständigen Bearbeiten von Aufgaben durch die Teilnehmenden in Kleingruppen. Frontale Lehrmethoden werden meist vermieden, die Tutor:innen unterstützen die Teilnehmenden primär bei Fragen und Problemen.

Forschungstand

Zur Arbeit von Tutor:innen gibt es im deutschsprachigen Raum, trotz ihrer Bedeutung für die Lehre, nur wenig Forschung. Des Weiteren stehen in der bisherigen Forschung die Effekte verschiedener Übungskonzepte oder die Lerneffekte in Tutor:innenschulungen im Vordergrund (siehe z.B. Danielsiek et al., 2017; Deneke, Heger & Liese, 1988; Haenze, Fischer, Schreiber, Biehler & Hochmuth, 2013; Rohde & Stahlberg, 2019).
Glathe (2017) stellte in Ihrer Studie jedoch fest, dass in Informatikübungen die Lehr-Lernüberzeugungen der Tutor:innen die Zufriedenheit der Teilnehmenden beeinflussen. Folglich erscheinen vergleichbare Untersuchungen auch für Physiktutor:innen lohnenswert.
Bei Lehr-Lernüberzeugungen handelt es sich um die Ansichten und Annahmen darüber, wie Lehren und Lernen funktioniert und gestaltet werden sollte. Hierbei wird zwischen zwei inhaltlich konträren Sichtweisen unterschieden. Auf der einen Seite die transmissive Sichtweise, nach der Lernen ein passiver Prozess ist und die Lernenden das von der Lehrperson vermittelte Wissen schlicht aufnehmen und auf der anderen die konstruktivistische Sichtweise nach der Lernen ein aktiver Prozess ist und dementsprechend Lehrpersonen nur Lerngelegenheiten schaffen können, in denen sich die Lernenden das Wissen selbst erschließen können und müssen. In verschiedenen Kontexten hat sich gezeigt, dass diese Sichtweisen keine Pole einer Überzeugungsdimension sind, sondern jeweils eine eigene Dimension darstellen. (Glathe, 2017; Korneck, Kohlenberger, Oettinghaus, Kunter & Lamprecht, 2013; Kunter et al., 2011; Seidel et al., 2006)
In Anlehnung an das in der COACTIV-Studie verwendete Mediationsmodell lautet die Forschungshypothese dieses Projektes: *Die Überzeugungen studentischer Tutor:innen beeinflussen, vermittelt über ihr Handeln in der Lernunterstützung, die Zufriedenheit und den Erfolg der Teilnehmenden ihrer Übung.* Im Folgenden werden die Auswirkungen der Überzeugungen auf das Lehrhandeln untersucht.

Verwendete Skalen

Zur Überprüfung der oben erläuterten Hypothese wurden die Tutor:innen zu ihren Lehr-Lernüberzeugungen befragt. Hierbei wurden zwei Skalen mit jeweils acht Items verwendet, eine zur transmissiven Überzeugungsdimension ($\alpha = 0{,}68$) und eine zur konstruktivistischen

($\alpha = 0{,}72$). Das von den Teilnehmenden wahrgenommene Lehrhandeln ihrer Tutor:innen wurde durch drei Skalen erhoben: Prinzip der minimalen Hilfe (sieben Items, $\alpha = 0{,}79$), adaptive Erleichterung (drei Items, $\alpha = 0{,}80$) und Vergleich von Lösungswegen (vier Items, $\alpha = 0{,}82$). Außerdem wurden die Teilnehmenden zur wahrgenommenen kognitiven Aktivierung der Aufgaben befragt (vier Items, $\alpha = 0{,}77$). Bei allen Skalen handelt es sich um Likert-Skalen, welche jeweils von eins (völlige Ablehnung) bis sechs (völlige Zustimmung) reichen. Der Großteil der Items stammt aus der COACTIV-Studie und wurde an den neuen Kontext angepasst. (Dexheimer-Reuter&Spatz, im Druck).

Datenerhebung

Mit diesem Instrument wurde im WiSe 22/23 und im SoSe 23 mittels einer Paper-pencil Befragung in den Übungen Daten erhoben. Hierbei wurden zehn Physik Bachelorveranstaltungen und sieben Serviceveranstaltungen für andere Fachbereich, bspw. Physik für Biologie, untersucht. Es wurden in den folgenden Analysen nur Fragebögen beachtet in denen mindestens 80 % der Items beantwortet wurden, dies führt zu 793 verwertbaren Teilnehmendendatensätzen und 109 Tutor:innendatensätzen.

Ergebnisse

Bei der Befragung zu Ihren Lehr-Lernüberzeugungen stimmten die Tutor:innen, wie in Tabelle 1 zu erkennen ist, der konstruktivistischen Skala insgesamt stärker zu als der transmissiven. Aber auch bei letzterer sind die Bewertungen der meisten Tutor:innen im mittleren Bereich und nur wenige lehnten diese Sichtweise völlig ab. Die beiden Skalen haben eine negative Korrelation von 0,38.

Tabelle 1 Quantile der Lehr-Lernüberzeugungen der Tutor:innen

Überzeugungsdimension	1. Quantil	Median	3. Quantil
Transmissiv	3,00	3,38	3,75
Konstruktivistisch	4,13	4,50	4,88

Anschließend wurden Datenpunkte mit zu geringer Kerneldichte als Ausreißer entfernt (4 von 109) und die Tutor:innen in Cluster eingeteilt. Hierzu wurde als erster Schritt mittels der Silhouette-Methode die optimale Clusteranzahl auf zwei bestimmt. Anschließend wurden die Cluster mit dem k-mean Algorithmus berechnet, somit ergaben sich ein transmissives Cluster mit 54 Tutor:innen und ein konstruktivistisches mit 51.

In Tabelle 2 ist zu sehen in welchen Studiengängen die Tutor:innen jeweils eingeschrieben sind. Während bei den Fachphysiker:innen (B.Sc. und M.Sc.) das transmissive Cluster etwas stärker vertreten ist, sind bei den Lehramtsstudierenden der Physik 11 von 12 Tutor:innen im konstruktivistischen Cluster.

Tabelle 2 Studiengänge der Tutor:innen aufgeteilt nach Clusterzugehörigkeit

	B.Sc.	M.Sc.	LaG	Sonstige
Transmissiv	24	23	1	6
Konstruktivistisch	18	18	11	4

Für die Skalen des Lehrhandelns und der Aufgaben wurden Gruppenmittelwerte der einzelnen Übungsgruppen betrachtet, ansonsten wären Tutor:innen mit größeren Gruppen in der Analyse übergewichtet. Hierbei wurden nur Gruppen in die Analyse einbezogen, für die mindestens

fünf Teilnehmendendatensätze vorliegen. So ergaben sich verlässliche Mittelwerte. Außerdem weichen Gruppen mit nur sehr wenigen Teilnehmenden von der zu untersuchenden Lehr-Lernsituation ab, da oft keine Kleingruppen mehr gebildet werden (können) und die Situation sich in Richtung einer eins-zu-eins-Betreuung verschiebt. Es verbleiben 71 Tutor:innendatensätze und 636 Teilnehmendendatensätze. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusehen.

Tabelle 3 Quantile der Skalen zum Lehrhandeln und der Aufgabenskala

Skala	1. Quantil	Median	3. Quantil
Prinzip der minimalen Hilfe	4,91	5,01	5,19
Adaptive Erleichterung	4,39	4,78	5,02
Vergleich von Lösungswegen	3,09	3,50	3,85
Kognitive Aktivierung der Aufgaben	3,97	4,25	4,50

Anschließend wurde verglichen wie die Tutor:innen der beiden Cluster jeweils bewertet wurden und die Signifikanz der Unterschiede wurde mittels des Mann-Whitney-U-Test überprüft. Hiermit ergab sich folgendes Bild: Beim Prinzip der minimalen Hilfe und dem Vergleich von Lösungswegen gibt es keine signifikanten Unterschiede. Signifikante Unterschiede mit mittlerer Effektstärke gibt es bei der adaptiven Erleichterung ($P < 0,01$; $r = 0,34$) und der Aufgabenskala ($P < 0,01$; $r = 0,31$), wobei die Tutor:innen des transmissiven Clusters jeweils höher bewertet wurden.

Diskussion und Fazit

Zunächst ist als eine Einschränkung des Erhebungsdesign zu nennen, dass es zur Mehrfachbefragung von Personen kommen konnte. Einmal wenn studierende an mehreren untersuchten Veranstaltungen teilnahmen oder wenn Tutor:innen in beiden Erhebungssemestern in untersuchten Veranstaltungen tätig waren. Betreuten Tutor:innen in einem Semester mehrere Übungen wurde dies allerdings kontrolliert. Da die Übungsteilnahme nicht verpflichtend ist, ist außerdem mit Selbstselektionseffekten zu rechnen.

Die naheliegendste Erklärung für den starken Unterschied bzgl. der Clusterzuteilung zwischen Lehramtsstudierenden und Fachphysiker:innen ist die unterschiedliche Ausbildung, da Lehramtsstudierende einen stärkeren Fokus auf (fach-) didaktischen und weniger auf vertieften fachlichen Inhalten haben.

Dass gerade bei der Aufgabenskala signifikante Unterschiede beim Vergleich der Cluster auftreten ist überraschend, da die Aufgaben nicht von den Tutor:innen erstellt werden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Teilnehmenden die Aufgaben und deren Implementierung durch die Tutor:innen nicht getrennt bewerten (können). Künftige Untersuchungen müssen allerdings noch überprüfen, inwiefern die Aufteilung von Tutor:innen verschiedener Veranstaltungen auf die Cluster die Unterschiede zu verantworten hat.

Generell lassen sich die Ergebnisse für den Vergleich der beiden Cluster reproduzieren, wenn die Daten aus den beiden Erhebungssemestern getrennt betrachtet werden. Sie stellen somit kein Artefakt aus einer Mehrfachbefragung von Tutor:innen dar.

Literaturverzeichnis

Danielsiek, H., Hubwieser, P., Krugel, J., Magenheim, J., Ohrndorf, L., Ossenschmidt, D. et al. (2017). Kompetenzbasierte Gestaltungsempfehlungen für Informatik-Tutorenschulungen. In M. Eibl & M. Gaedke (Hrsg.), *INFORMATIK 2017* .

Deneke, M., Heger, M. & Liese, R. (1988). Fachtutorien und Fachtutorenausbildung in Mathematik. Bericht über ein Tutorenseminar im Fachbereich Mathematik der Technischen Hochschule Darmstadt. *Zeitschrift für Hochschuldidaktik*, *12*(1-2), 106–123.

Dexheimer-Reuter, R, Spatz, V (Im Druck). Lehr-Lernüberzeugungen und Lehrhandeln studentischer Tutor:innen. *Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Gesellschaft der Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung 2023*

Glathe, A. (2017). *Effekte von Tutorentraining und die Kompetenzentwicklung von MINT-Fachtutor:innen in Lernunterstützungsfunktion*. Dissertation. TU Darmstadt, Darmstadt.

Haenze, M., Fischer, E., Schreiber, S., Biehler, R. & Hochmuth, R. (2013). Innovationen in der Hochschullehre: empirische Überprüfung eines Studienprogramms zur Verbesserung von vorlesungsbegleitenden Übungsgruppen in der Mathematik. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, *8*(4), 89–103. https://doi.org/10.3217/zfhe-8-04/09

Korneck, F., Kohlenberger, M., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Lamprecht, J. (2013). Lehrerüberzeugungen und Unterrichtshandeln im Fach Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Jena*.

Kröpke, H. (2015). *Tutoren erfolgreich im Einsatz. Ein praxisorientierter Leitfaden für Tutoren und Tutorentrainer*. Opladen: Verlag Barbara Budricht.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Rohde, J. A. & Stahlberg, N. (2019). Welches Lehrverhalten zeigen geschulte Tutor/innen? Eine explorative Analyse selbst- und fremdwahrnehmungsbasierter Reflexionsberichte. *die hochschullehre*, *5*, 1–28.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(6), 799–821.

Zitzelsberger, O., Trebing, T., Rößling, G., General, S., Glathe, A., Gölz, J. et al. (Hrsg.). (2019). *Qualifizierung von Fachtutor:innen in interdisziplinärer Perspektive* (Blickpunkt Hochschuldidaktik, Bd. 135). Bielefeld: wbv.

Susanne Gerlach[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Sarah Rau-Patschke[2]

Studierende vertreten im Sachunterricht – Heterogenität als Lernchance

Der Lehrkräftemangel in Deutschland ist in aller Munde. Laut Statistik des Redaktionsnetzwerkes Deutschland (2023) fehlen deutschlandweit 12.341 Stellen. Wurde der Ausfall bisher weitestgehend über Quer- und Seiteinsteiger bedient (Bellenberg et al., 2020; Anders, 2020), werden immer häufiger studentische Vertretungslehrkräfte (sVLK) zum Decken des immer größer werdenden Bedarfs herangezogen (SWK, 2023). Das ist mehrerlei Hinsicht problematisch. Zum einen werden sVLK in verschiedenste Unterrichtsfelder, bis hin zu Klassenlehrkrafttätigkeiten, eingesetzt. Dies ist insbesondere an Grundschulen der Fall, wo der Lehrkräftemangel zurzeit besonders zu Buche schlägt. Die sVLK werden weitestgehend unbegleitet in diese stark herausfordernden Tätigkeiten eingesetzt (Winter et al. 2023) und nicht durch ein dezidiertes Ausbildungsprogramm auf ihre Tätigkeit und die Herausforderungen im Feld vorbereitet, so wie es für Quer- und Seitensteig der Fall ist (Korneck et. al., 2009). Die SWK (2023) empfiehlt den Einsatz von sVLK erst nach absolviertem Bachelor-Abschluss. Das dient der Sicherstellung eines gewissen Grades an fachlicher, fachdidaktischer und pädagogischer Expertise auf Seiten der sVLK. Studien zeigen aber, dass entgegen dieser Empfehlung Studierende im Lehramt bereits früh (ab dem 2. Fachsemester) und in hohem Stundenausmaß (10 Stunden und mehr pro Woche sind die Regel) als sVLK arbeiten (Artmann et al. ang.; Winter et al. 2023, Gerlach & Rau-Patschke, 2023). Eine weitere Problematik ergibt sich durch den Einsatzort der sVLK. Vakante Stellen sind insbesondere an Schulen mit hoher Heterogenität zu finden (Bildungsstiftung, 2021), daher werden dort wahrscheinlich auch viele sVLK eingesetzt (Freiling, 2020).
Der Umgang mit Heterogenität ist in allen Phasen der Lehrkräftebildung als herausfordernd zu bezeichnen, so gelingt der Umgang mit Heterogenität deutlich weniger gut als beispielsweise die Klassenführung (z.B. Baer et al. 2011; Pietsch 2010; Rau 2017). Es profitieren aber gerade Schüler:innen mit schwierigen und heterogenen Ausgangsbedingungen von gut ausgebildeten und vollständig professionalisierten Lehrkräften (Freiling, 2020). Nun werden also Studierende, die wenig oder zumindest formal nicht vollständig professionalisiert sind, institutionell unbegleitet häufig in hoch anspruchsvollen und insbesondere heterogenen (Grund-)Schulsettings eingesetzt.
Der Einsatz von sVLK in Schulen mit hoher Heterogenität kann zu einem erhöhten Belastungserleben führen und kann in Überforderung oder Zweifel an der Studiengangswahl münden (Rau-Patschke, 2022). Bekannt ist, dass Praxiserfahrungen ohne Begleitung und Reflexion nicht ausreichen, um den Professionalisierungsprozess voran zu treiben (Hascher, 2012). Darüber hinaus scheint der Wissenschafts-Praxis-Transfer im UmH besonders herausfordernd (Rau-Patschke, 2022, Keßler, 2021).

Erkenntnisinteresse & methodischer Zugang

- Wie schätzen studentische Vertretungslehrkräfte ihr Wissen hinsichtlich der Heterogenitätsdimensionen ein?
- Inwiefern sind studentische Vertretungslehrkräfte mit Heterogenität in ihrer Tätigkeit im naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht konfrontiert?

- Welche individuellen Herausforderungen und Chancen ergeben sich mit der Konfrontation von Heterogenität in Schulklassen im Unterricht?

Die vorliegende Untersuchung greift auf ein Mixed-Methods-Design zurück, indem Fragen einer Online-Befragung durch Interviews ergänzt und vertieft werden. Der Online-Fragebogen basiert auf verschiedenen, erprobten Befragungen von Studierenden und deren unterrichtlichen Nebentätigkeiten (u.a. Lobert & Pfitzner, 2021, Keßler, 2021, Rau-Patschke, 2022). Ergänzt werden diese Items durch eigen konstruierte Skalen, welche das Wissen über den Umgang mit Heterogenität, den Umgang mit Heterogenität in Schule sowie das Gelingen der Unterstützungsbereiche im Sinne des Universal Designs for Learning (CAST, 2011) über Selbsteinschätzungen abfragen. Die Skalen wurden mit N=31 sVLK pilotiert und weisen gute Reliabilitäten ($.795 < \propto < .925$) auf.
Die anschließend durchgeführten Interviews vertiefen mit fünf dieser sVLK im Rahmen von 30 min die Themenfelder Herausforderungen und Lernchancen durch die Konfrontation mit Heterogenität im Kontext ihrer Tätigkeit als sVLK . Außerdem wurde die Theorie-Praxis-Verknüpfung zwischen Arbeit und Studium sowie Unterstützungsbedarfe seitens der sVLK erfragt. Das Interviewmaterial wurde über ein Intraraterverfahren im zweimonatigem Abstand der Auswertungszeitpunkte doppelt kodiert ($.75 < \kappa < .89$).

Ergebnisse
Die sVLK geben an,, die eigene Lehrkraftrollepositiv zu erleben (MW = 2.34; SD = 0.36; min= 1.75; max. = 3) und weisen ein mittleres Belastungsempfinden (MW = 1.45; SD = 0.76; min = 1; max = 3) auf. Weiterhin positiv fällt die Einbindung in den Kollegien auf (MW = 1,45; SD = 0,76; min = 1; max = 3). Ferner geben die sVLK an, dass die Tätigkeit an Schulen neben dem Studium sie gut auf den Beruf vorbereitet und einen positiven Beitrag zur Studienmotivation leistet. Eher negativ wird die organisatorische Verbindbarkeit von Studium und schulischer Praxis angegeben.
Die sVLK schreiben sich auf einer Skala von 0-3 bereits ein recht hohes Wissen zum Umgang mit Heterogenität zu (MW = 1.98; SD = .542, min = 1, max = 3) und auch der Umgang mit verschiedenen Heterogenitätsdimensionen fällt vergleichsweise hoch aus (MW = 1.89; SD = .56; min = 0, max = 3). Da diese Ergebnisse im Widerspruch zur oben angeführten Literatur stehen, fokussierten die Interviews auch das Verständnis vom Umgang mit Heterogenität und sollte mit eigenen Praxisbeispielen näher veranschaulicht werden.
44% der Aussagen der sVLK zeigen ein fachdidaktisch anschlussfähiges Verständnis von Heterogenität, was sich beispielsweise darin äußert, dass sich auf mehrere Heterogenitätsdimensionen bezogen wird und angemessen Unterstützungsmaßnahmen im fachdidaktischen Kontext beschrieben werden (z.B. Hilfskarten in Experimentiersituationen). Die Studierenden wissen in Grundzügen um die Fachspezifität des Umgangs mit Heterogenität. Beispielsweise führen sie aus, dass der Einbezug von Vorerfahrung und Vorerfahrung auch in der Aushandlung von Lebenswelt der Kinder und fachlicher Korrektheit im Sachunterricht in anderem Maße zu berücksichtigen ist, als beispielsweise in den Fächern Deutsch oder Mathematik. Im Zuge der Unterrichtsgestaltung wird zudem konstatiert, dass gerade die vielperspektivische Anlage des Sachunterrichts einer Herausforderung gleichkommt, welche die sVLK in eher monoperspektivischen (z.B. naturwissenschaftlichen) Sachunterrichtsstunden weniger erleben. Vor allem diskutieren die sVLK in ihren Ausführungen die (sprachlichen) Zugänge und die methodischen Fähigkeiten der Kinder, beispielsweise beim Experimentieren.

Ganze 45% der Studierenden zeigen ein nur teilweise anschlussfähiges Wissen über Heterogenität. Neben einem starken Fokus auf die Förderschwerpunkte (enger Inklusionsbegriff) werden Heterogenitätsdimensionen nur einseitig beschrieben, die ausgeführten Unterstützungsmaßnahmen bleiben aus oder können als unpassend kategorisiert werden. Somit bleiben 11% der Aussagen, denen kein fachdidaktisch-anschlussfähiges Wissen über den Umgang mit Heterogenität zugeordnet werden kann.
Mehrheitlich (15 von 18 Aussagen zu diesem Themenfeld) wird die Theorie-Praxis-Verknüpfung von Studium und Praxistätigkeit als Chance für den Umgang mit Heterogenität wahrgenommen, wobei die Anwendung und der Transfer von Praxiserfahrung in das Studium leichter empfunden wird als die Implementation von Wissen aus dem Studium in die Praxis.

Diese ersten Ergebnisse geben Hinweise darauf, in welchen Bereichen die sVLK im Umgang mit Heterogenität im naturwissenschaftlichen Sachunterricht Unterstützung bedürfen. In der aktuell laufenden Folgeuntersuchung wird die Befragung mit einer größeren Studierendenschaft wiederholt. Durch die Erhebung eines gesamten Studierendenjahrgangs werden zudem Vergleiche zwischen Studierenden, die einer Vertretungstätigkeit nachgehen und solcher, die anderen pädagogischen oder auch nicht-pädagogischen Tätigkeiten nachgehen, möglich.

Literatur

Anders, F. (2022). Lehrer gesucht – Wie der Quereinstieg ins Lehramt funktioniert. Das Deutsche Schulportal, URL: https://deutsches-schulportal.de/bildungswesen/quereinstieg-ins-lehramt-von-der-notmassnahme-zur-normalitaet/

Artmann, M.; Rakoczy, K. & Seifert, A. (2024, angenommen). Lehrer:in werden und sein: Studentische Aushilfslehrkräfte zwischen Professionalisierungserwartungen und Krisenmanagement. Journal für LehrerInnenbildung 1/2024, Themenheft Professionalisierung in Zeiten des Lehrer*innenmangels.

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S., & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 14(1), 85–117.

Bellenberg, G,; Bressler, Ch.; Reintjes, Ch. & Rotter, C. (2020). Der Seiteneinstieg in den Lehrerberuf in NRW. Perspektiven von Schulleitungen und Ausbildungsbeauftragten. Die Deutsche Schule, 112 (4), 398-412.

Freiling, H. (2020). Kostengünstige Vertretungsverträge statt berufsqualifizierender Seiteneinstiege. Eine Problemskizze am Beispiel des Landes Hessen. Die deutsche Schule 112, 4, S. 428-438. DOI: 10.31244/dds.2020.04.06.

Keßler, L. S. (2021). Studierende mit Vertretungsverträgen – Eine Fragebogenstudie zu Belastungsfaktoren. Unveröffentl. Manuskript einer wissenschaftlichen Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grundschulen, eingereicht bei der Hessischen Lehrkräfteakademie Prüfungsstelle Frankfurt am MainLobert, A.-K. & Pfitzner, M. (2021). Studierende als Vertretungslehrkräfte in Schulen (SaViS). Poster bei der IGSP-Tagung. URL: https://www.uni-due.de/imperia/md/images/sport-und-bewegungswissenschaften/pfitzner/igsp_2021_poster_website_lang.pdf

Hascher, T. (2012). Lernfeld Praktikum. Evidenzbasierte Entwicklungen in der LehrerInnenbildung. Zeitschrift für Bildungsforschung 2(2):109-129. DOI: 10.1007/s35834-012-0032-6

Ständige Wissenschaftliche kommission der Kultusministerkonferenz (SWK), 2023. Empfehlungen zum Umgang mit dem akuten Lehrkräftemangel. URL: www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/KMK/SWK/2023/SWK-2023-Stellungnahme_Lehrkraeftemangel_Veroeffentlichung_230127.pdf

Lüken, M.; Wellensiek; N. & Rottmann, T. (2020). Die Reflexionsprüfung zur Theorie-Praxis-Verknüpfung in der Lehrer_innenausbildung Mathematikdidaktische Reflexionsanlässe im Praxissemester. Herausforderung Lehrer*innenbildung Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion: Professionalisierung durch (Praxis-) Reflexion in der Lehrer_innenbildung, HLZ 3 (2), 300 – 324 DOI: https://doi.org/10.4119/hlz-2493.

Moroni, S.; Gut, R.; Niggli, A. &; Bertschy, B. (2014). Verbindung von Theorie und Praxis bei der Begleitung von Praxisphasen in der Lehrerbildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand 7 (2014) 1, S. 24-45 DOI: 10.25656/01:14746

Pietsch, M. (2010). Evaluation von Unterrichtsstandards. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, (13), 121–148.

Rau, S. (2017). Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst – eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse. Dissertation. Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 239. Logos

Rau-Patschke, S. (2022). Unbegleitet in die Praxis - Studierende unterrichten als Vertretungslehrkräfte. In: S. Habig & H. v. Vorst (Hg.). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung: Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen (S. 728-731). DOI: 10.25656/01:25241

Windt, A.; Rau, S.; Rumann, S. (2017). Wie gehen auszubildende Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst im Fach Sachunterricht mit Heterogenität um? In Heinzel, Friederike; Koch, Katja (Hrsg.), Individualisierung im Grundschulunterricht: Anspruch, Realisierung und Risiken (S. 103-107). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Redaktionsnetzwerk Deutschland (2023). Mehr als 12.000 Lehrstellen an Deutschlands Schulen unbesetzt. URL: https://www.rnd.de/panorama/mehr-als-12000-lehrstellen-an-deutschlands-schulen-unbesetzt-09b47c99-82b2-438e-baab-e37159531422.html

Stefan Schwarzer
Lisa Brandel (geb. Knie)
Eberhard Karls Universität Tübingen

Evaluation einer Blended Learning-Fortbildung für MINT-Lehrkräfte

Die forschungsbasierte Weiterentwicklung des internationalen Lehrkräftebildungskonzepts Experimento | 10+ erfolgte mit dem Ziel analoge und digitale Inhalte in ein Blended Learning-Format zu überführen. Hierfür kooperierten die Siemens Stiftung und die Chemiedidaktik an der LMU München (ab dem Jahr 2020 an der Universität Tübingen). Die zweitägige Fortbildung wird nicht nur für Lehrkräfte der Chemie, sondern für alle MINT-Fächer mit dem Fokus auf Biologie, Chemie und Physik für alle Schularten und Jahrgangsstufen angeboten (s. www.siemens-stiftung.org/projekte/experimento). In Deutschland gibt es die Programmteile Experimento | 8+ für Grundschulen und Experimento | 10+ für Lehrkräfte weiterführender Schulen mit einem Schwerpunkt auf die Sekundarstufe I (Knie & Schwarzer, 2023).

Neukonzeption der Lehrkräftefortbildung als Blended Learning-Format

Drei fakultative Elemente stehen bei Experimento | 10+ im Mittelpunkt: Wertebildung, Inklusion und Computational Thinking. 54 Schülerexperimente zu den lehrplanrelevanten Themenbereichen Energie, Umwelt und Gesundheit sollen das selbständige Experimentieren mit dem Schwerpunkt Forschendes Lernen fördern. Über das Medienportal der Siemens Stiftung werden die aktualisierten Unterrichtsmaterialien, Experimentieranleitungen und interaktive Anwendungen im OER-Format zur Verfügung gestellt. Damit bildet das Medienportal die notwendige Grundlage für das Blended Learing-Format, als eine Kombination von computergestütztem Lernen und Präsenzveranstaltung (Tenorth & Tippelt, 2007) mit Experimenten (Abb. 1).

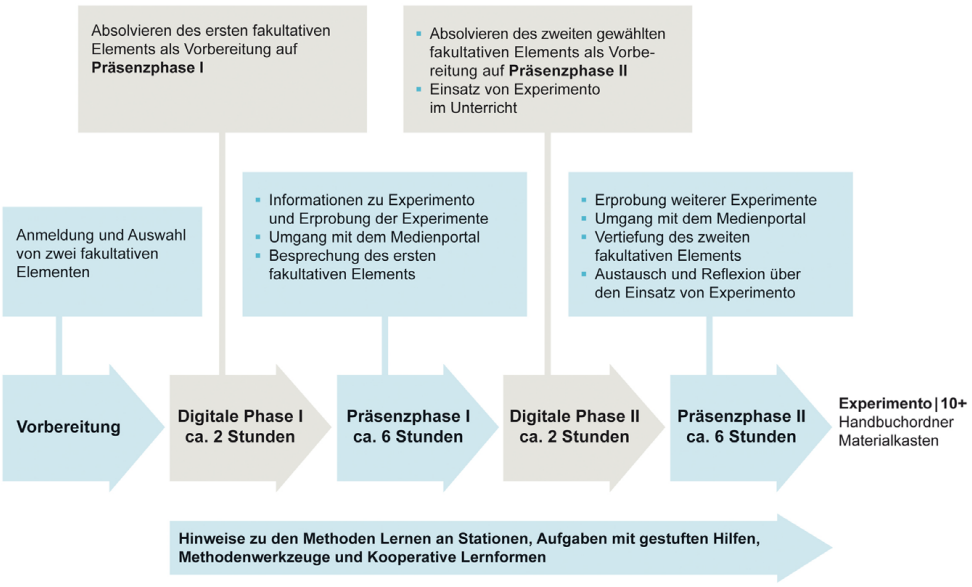


Abbildung 1: Neukonzipierter Ablauf der zweitägigen Experimento | 10+ Lehrkräftefortbildung im Blended Learning-Format, © Siemens Stiftung

Evaluation

Zentrale Forschungsfragen des Projekts zu Experimento | 10+ haben untersucht, ob die teilnehmenden Lehrkräfte mit dem überarbeiteten Fortbildungsangebot zufrieden waren (Lipowsky & Rzejak, 2021), inwieweit das Konzept des Forschenden Lernens verinnerlicht wurde und ob die digitale Medienkompetenz der Teilnehmenden gesteigert werden konnte. Da die Blended Learning-Fortbildung aus der didaktischen Anlage heraus teilweise in einem Online-Modul zu absolvieren war, war indes interessant, ob dies die Einstellungen sowie das zugehörige (Handlungs-)Wissen der Lehrkräfte beeinflusste. Ausgewählte Ergebnisse werden im Folgenden präsentiert.

Methodik

Eingesetzt wurden webbasierte Fragebögen zur Selbsteinschätzung der Lehrkräfte. Die erste Fragebogenerhebung (T0) fand noch vor dem Absolvieren des ersten Online-Moduls statt. Dazu wurde den Lehrkräften vorab der Link zum onlinebasierten Fragebogen per E-Mail zugesendet. Die zweite Befragung (T1) schloss sich unmittelbar an das Ende der zweiten Präsenzveranstaltung an. Nach Möglichkeit füllten noch vor Ort alle Lehrkräfte den Fragebogen digital aus. Dies sollte zu einer hohen Durchführungsobjektivität und einer geringen Drop-Out-Rate bei der Befragung führen. Der Link zum dritten Fragebogen (T2) wurde dann etwa drei Monate nach erfolgtem Treatment versendet (Abb. 2).

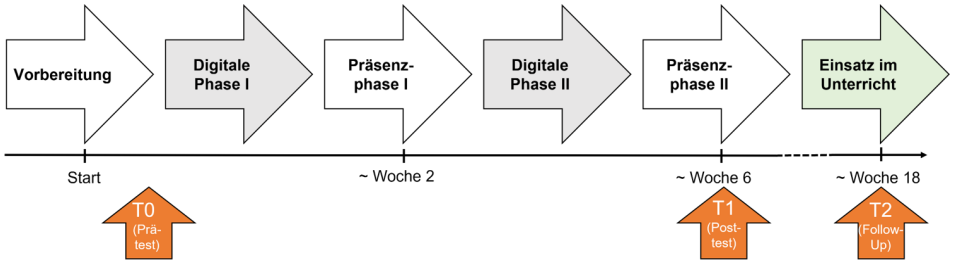


Abbildung 2: Messzeitpunkte der Begleitforschung im Fortbildungsverlauf (Knie, 2022)

Insgesamt haben 104 Lehrkräfte an der Fortbildung und der empirischen Begleitstudie teilgenommen, wobei nur ein Bruchteil der Lehrkräfte für alle drei Testzeitpunkte gewonnen werden konnte.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die teilnehmenden Lehrkräfte fast ausnahmslos sehr zufrieden mit der Atmosphäre, der Organisation und den Rahmenbedingungen der überarbeiteten Präsenzfortbildung waren (Knie, Standl & Schwarzer, 2022). Auch die inhaltliche Gestaltung gefiel gut, die Schulungsunterlagen wurden als nützlich und das Gelernte als praxisrelevant eingeschätzt. Wenige Teilnehmende hätten sich sogar noch mehr theoretische Arbeit gewünscht. Für zwei Drittel wurden damit die Erwartungen an die Fortbildung erfüllt und 97 % der Lehrkräfte würden die Fortbildung auch Kolleginnen und Kollegen weiterempfehlen. Auf die Frage zu eigenen Kenntnissen über die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung (Konzept des Forschenden Lernen) berichteten die Lehrkräfte über eine weitere Steigerung ihres ohnehin schon hohen Wissensstandes zum Thema (Abb. 3).

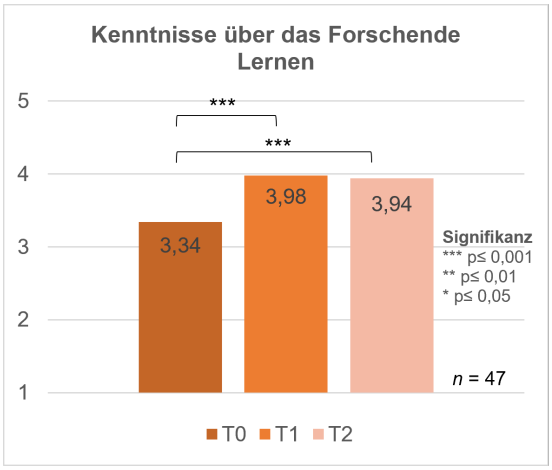


Abbildung 3: Selbstberichtete Kenntnisse über das Konzept des Forschenden Lernens im Prä-, Post-, Follow-Up-Vergleich

Auch war die Fortbildung geeignet, die von den Lehrkräften wahrgenommenen spezifischen Medienkompetenzen statistisch signifikant zu steigern: Von T0 zu T1 mit einem mittleren Effekt: $t(77) = -5{,}07$; $p < 0{,}001$, $d = 0{,}57$ bzw. einer Zunahme über alle drei Messzeitpunkte hinweg im Vergleich zum Prä-Fragebogen als statistisch höchst signifikant: $F(1{,}81; 77{,}77) = 20{,}12$; $p < 0{,}001$) (Abb. 4).

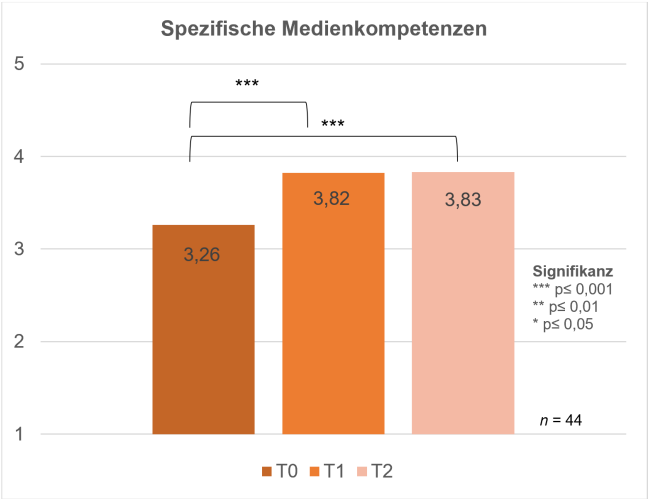


Abbildung 4: Spezifische Medienkompetenzen im Prä-, Post-, Follow-Up-Vergleich

Limitationen

Zunächst war eine Wartekontrollgruppe vorgesehen. Aufgrund der pandemischen Lage musste jedoch von einer vergleichsweise geringen Teilnehmendenzahl ausgegangen und die Wartekontrollgruppe verworfen werden. Insgesamt war auf Grund der Rahmenbedingungen die geplante standortübergreifende Durchführung der Fortbildungsaktivitäten in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen erschwert, was sich negativ auf die Teilnehmendenzahl auswirkte.

Literatur

Knie, L. (2022). Dissertation, LMU München.

Knie, L. & Schwarzer, S. (2023). Konzeption einer Blended-Learning-Lehrkräftefortbildung mit digitalen und analogen Inhalten im Rahmen von Experimento|10+, *CHEMKON*, *30*(2), 57-63.

Knie, L., Standl, B. & Schwarzer, S. (2022). First Experiences of Integrating Computational Thinking into a Blended Learning In-Service Training Programme for STEM Teachers. *Comput Appl Eng Educ*, *30*(5), 1423-1439.

Lipowsky, F., Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Bertelsmann Stiftung.

Tenorth, H.-E., Tippelt, R. (2007). Beltz Lexikon Pädagogik. Beltz, Weinheim.

Frederik Bub[1]
Thorid Rabe[1]
Lisa-Marie Christ[2]
Olaf Krey[2]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2]Universität Augsburg

MINT-Identität im Anfangsunterricht: Eine quantitative Annährung

Identitätsaushandlungen zu MINT im Kontext von Anfangsunterricht (IdentMINT)
Das durch das BMBF geförderte Projekt IdentMINT nimmt naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht unter der Analyseperspektive Identität (Archer et al., 2010; Kessels et al., 2006) in den Blick. Mit einem mixed-methods Ansatz sollen so Bildungswegentscheidungen (De Witt & Archer, 2015) und Befunde zum naturwissenschaftlichen Unterricht (Schiepe-Tiska et al., 2016) besser verstanden werden. In der quantitativen Teilstudie des Projekts werden über drei Erhebungszeitpunkte hinweg an 15 Schulen in Bayern und Sachsen-Anhalt Konstrukte erhoben, welche als Indikatoren für Identität gelten (Rabe & Krey, 2018). Im Folgenden berichten wir die Ergebnisse konfirmatorischer Faktorenanalysen und deskriptive Befunde des ersten Erhebungszeitpunkts (n=1.061) zu schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen, Interesse an Physik und dem Bild von Naturwissenschaftler*innen.

Faktorenanalysen zur Konstruktvalidierung
Zur Absicherung der Konstrukte wurden konfirmatorische Faktorenanalysen mit Hilfe von lavaan in R durchgeführt (zusammenfassend für die Gesamtstichprobe siehe Tabelle 1). Es liegen Mehrgruppen-Analysen für die drei Subgruppen Klassenstufe 6 in Sachsen-Anhalt (SAN-6), Klassenstufe 7 (BAY-7) und Klassenstufe 8 (BAY-8) in Bayern vor. Da multivariate Normalverteilung bei den Skalen nicht gegeben ist, werden robuste Schätzungen für die Fit-Indizes verwendet. Zur Bewertung der Fit-Indizes werden die Kriterien nach Hu & Bentler (1999) angelegt. Bei der metrischen und skalaren Messinvarianz werden zusätzlich zum χ^2-Test in Anlehnung an Chen (2007) die CFI-Werte der unterschiedlich restriktiven Modelle verglichen und bei einem $\Delta CFI \leq .01$ Messinvarianz angenommen.

Die Skala „Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen Physik“ (SWEPhy), bestehend aus sechs Items und einer sechsstufigen Antwortskala nach Jerusalem & Satow (1999), wurde als einfaktorielles Modell überprüft (Beispielitem: „Ich kann auch die schwierigen Aufgaben in … lösen, wenn ich mich anstrenge.“; trifft gar nicht zu=0….trifft genau zu=5). Mit Ausnahme des χ^2-Tests für die Gruppen BAY-7, BAY-8 und die Gesamtstichprobe genügen die Fit-Indizes den Kriterien. Der χ^2-Test bei Prüfung der metrischen und skalaren Messinvarianz wird zwar signifikant, aber ΔCFI liegt bei .004 für die metrische und .005 für die skalare Messinvarianz, weshalb wir von starker faktorieller Invarianz ausgehen. Die analoge Skala zu „Biologie-Selbstwirksamkeitserwartungen“ (SWEBio) genügt allen Gütekriterien. Gleiches gilt für das „Interesse an Physik“ (ASPIRES, 2016), das mit Hilfe von 4 Items und einer vierstufigen Antwortskala erhoben wurde (Beispielitem: „Ich eigne mir gerne neues Wissen in Physik an“; stimme überhaupt nicht zu=0…stimme völlig zu=3). Das „Bild von Naturwissenschaftler*innen“ wurde über zehn Items und eine vierstufige Antwortskala nach ASPIRES (2016) erhoben (Beispielitem: „Menschen, die Naturwissenschaften in ihrem Beruf benutzen…leisten wertvolle Arbeit.“; trifft nicht zu=0…trifft genau zu=3). Ein vermutetes zweifaktorielles Modell (ImageNW1) mit den Faktoren „Nerdiness“ (4 Items) und „Anerkennung“ (6 Items) liefert eine ungenügende

Modellpassung sowohl für den χ^2-Test, CFI als auch RMSEA. Ein reduziertes einfaktorielles Modell „Anerkennung“ mit vier Items (ImageNW2) genügt zwar den Gütekriterien für starke faktorielle Invarianz, liefert aber keine Informationen zu Aspekten des Themenfelds „Nerdiness“, so dass hier zunächst auf Item-Ebene exemplarische Ergebnisse berichtet werden.

Tabelle 1: Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalysen für die Gesamtstichprobe. Fett hervorgehoben sind die Skalen und Fit-Indizes, die Hu & Bentler (1999) genügen.

	χ^2	CFI	RMSEA	SRMR	Metrische Invarianz:		Skalare Invarianz:	
					χ^2	ΔCFI	χ^2	ΔCFI
SWEPhy	.003	**.992**	**.041**	**.016**	.01	**.004**	.05	**.005**
SWEBio	**.083**	**.996**	**.026**	**.016**	**n.s.**	**-.001**	**n.s.**	**0**
InteressePhy	**.161**	**.999**	**.028**	**.008**	**n.s.**	**-.001**	**n.s.**	**-.001**
ImageNW1	<.001	.810	.076	**.066**	-	-	-	-
ImageNW2	**.443**	**1.000**	**.000**	**.018**	**n.s.**	**.004**	**n.s.**	**.01**

Gender und Elternhaus – erste deskriptive Befunde

Zwischen SWEPhy und SWEBio bestehen signifikante Unterschiede mit hohen Effektstärken (für die Gesamtstichprobe p<.001, d=.91). Die Selbstwirksamkeitserwartungen in Physik sind in allen Subgruppen kleiner als in Biologie. Signifikante Geschlechterunterschiede[1] konnten für SWEBio nicht festgestellt werden, wohingegen in Physik die SWE männlicher Schüler stärker ausgeprägt sind (für die Gesamtstichprobe: p<.001, d=.47). Ein analoger Befund liegt für das Interesse an Physik vor (p<.001; d=.42).

Durch die Bildung von Subgruppen nach dem Geschlecht der Schüler*innen und dem Geschlecht der Physiklehrperson kann darüber hinaus aufgeklärt werden, dass Schüler mit männlicher Lehrperson die höchsten Selbstwirksamkeitserwartungen in Physik berichten (MW=3,46; SD=1,0) vor Schülern mit weiblicher Lehrperson (MW=2,96; SD=1,2), gefolgt von Schülerinnen mit männlicher Lehrperson (MW=2,81;SD=1,1). Die Selbstwirksamkeitserwartungen von Schülerinnen mit weiblicher

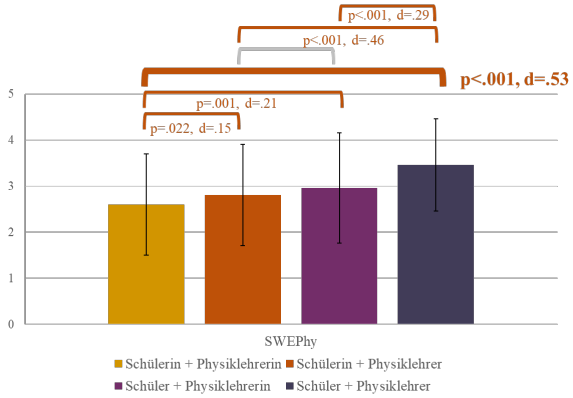


*Abbildung 1: Selbstwirksamkeitserwartungen in Physik in Subgruppen nach Geschlecht der Schüler*innen und der Lehrperson*

[1] Wir berichten hier nur binäre Unterschiede. Erfasst wurden auch die Optionen divers und keine Angabe. Ein umfassenderer Blick auf Genderidentitäten und „doing gender“ ist Gegenstand der Interview-Teilstudie.

Lehrperson (MW=2,6; SD=1,1) fallen am geringsten aus. Die Subgruppen unterscheiden sich paarweise signifikant, mit Ausnahme der Schülerinnen mit Lehrer versus Schüler mit Lehrerin (vgl. Abbildung 1). Bzgl. des Interesses an Physik liegt eine vergleichbare Wechselwirkung zwischen dem Geschlecht der Lehrperson und dem Geschlecht der Lernenden nicht vor.

Schüler*innen, die angeben, dass mind. ein Elternteil einen naturwissenschaftlich geprägten Beruf ausübt, berichten auch höhere Selbstwirksamkeitserwartungen sowohl in Biologie als auch in Physik. Unterschiede bzgl. der SWE zwischen Schüler*innen mit einem versus Schüler*innen mit zwei Elternteil(en) mit naturwissenschaftlichem Hintergrund liegen nicht vor (vgl. Abbildung 2).

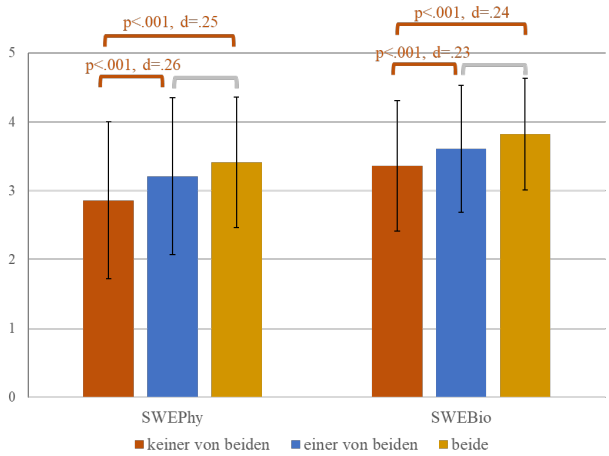


Abbildung 2:Selbstwirskamkeitserwartungen in Abhängigkeit vom naturwissenschaftlichen Beruf der Eltern

In der Gesamtstichprobe findet man einen signifikanten Effekt bezogen auf das Interesse an Physik zwischen Schüler*innen ohne Elternteil mit naturwissenschaftlichem Hintergrund und Schüler*innen mit einem Elternteil (p<.001, d=.34). Kein Effekt kann beim Vergleich zwischen Schüler*innen ohne Elternteil und denen mit zwei Elternteilen mit einem naturwissenschaftlichen Hintergrund nachgewiesen werden.

Beim Bild von Naturwissenschaftler*innen zeigt sich insgesamt ein uneindeutiges Bild in Bezug auf die Analyseperspektive Gender und Beruf der Eltern: Nur bei drei der zehn Items treten signifikante Effekte in Bezug auf das Geschlecht der Schüler*innen auf, jedoch ohne inhaltlich in eine Richtung zu weisen. Deutlicher ist der Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Beruf der Eltern: Bei acht der zehn Items konnten signifikante Zusammenhänge mit der Tendenz, dass Items aus dem Themenfeld „Nerdiness“ eine geringere Zustimmung und Items aus dem Themenfeld „Anerkennung“ höhere Zustimmung erfahren, festgestellt werden wenn die Eltern einen naturwissenschaftlichen Beruf ausüben.

Fazit und Ausblick

Wir konnten zeigen, dass der Beruf der Eltern als eine Form von Science Capital (DeWitt et al., 2016) und die Analyseperspektive Gender schon im frühen naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht mit Indikatoren einer MINT-Identität zusammenhängen. Neben der Erweiterung um zusätzliche Analyseperspektiven (u.a. Peers) wird im Projektverlauf die Entwicklung der MINT-Identität während des Anfangsunterrichts in den Blick genommen. Die Triangulation mit narrativen Daten aus der Interview-Teilstudie soll einen umfassenden Blick auf das (MINT-) Identitätskonstrukt ermöglichen.

Literatur

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). “Doing” science versus “being” a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. Science Education, 94(4), 617-639.

ASPIRES. (2016). Skalen aus der ASPIRES-Studie (https://www.ucl.ac.uk/ioe/departments-and-centres/departments/education-practice-and-society/aspires-research). Erhalten im Rahmen einer Emailkorrespondenz mit Jennifer DeWitt, King´s College London. (13.09.2016).

Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What Kind of a Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. Journal of Research in Science Teaching, 37(5), 441-458.

Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. Journal of Research in Science Teaching, 51(7), 836-869. https://doi.org/10.1002/tea.21150

Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. Structural equation modeling: a multidisciplinary journal, 14(3), 464-504.

DeWitt, J., & Archer, L. (2015). Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. International Journal of Science Education, 37(13), 2170-2192.

DeWitt, J., Archer, L., & Mau, A. (2016). Dimensions of science capital: exploring its potential for understanding students’ science participation. International Journal of Science Education, 38(16), 2431-2449.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling, 6(1), 1-55.

Jerusalem, M. & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem, (Hrsg.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin: Freie Universität Berlin.

Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. British Journal of Educational Psychology, 76(4), 761-780.

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik–Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik?. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1(24), 201-216.

Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation (pp. 99-132). Waxmann.

Freja Kressdorf[1] [1]MLU Halle-Wittenberg
Thorid Rabe[1]

Identitätsaushandlungen: Fallstudien zu Bildungswegentscheidungen

Der Gendergap in der Physik besteht weiterhin auf verschiedenen Ebenen (z.B. Destatis, 2023) obwohl zahlreiche Initiativen darauf abzielen, dem entgegenzuwirken (z.B. DPG, 2023). Dabei wird versucht, Frauen über Ansprache und Förderung für die Physik zu gewinnen. Ähnlich wird häufig auch in der Forschung der Blick auf die Frauen gerichtet (Gonsalves & Danielsson, 2020). Ein anders gelagerter Zugang zielt nicht nur auf die Erhöhung der Repräsentation von Frauen ab, sondern nimmt auch die Fachkultur der Physik kritisch in den Blick und fragt, welche Bilder junge Frauen von Physik und Physiker*innen besitzen und welche Herausforderungen sie mit Blick auf Physik und ihre eigene Zukunft wahrnehmen. Damit richtet sich unsere (Forschungs-) Perspektive auf individuelle Zugänge zur Physik und die Fachkultur der Physik kann als mögliche Ursache für den Gendergap in die Analysen einbezogen werden. Deshalb fokussiert das hier vorgestellte Projekt auf Prozesse der Bildungswegentscheidungen (BWE) von jungen Frauen und untersucht diese Prozesse mithilfe des Identitätskonstrukts. In der Forschung zur „science identity“ hat sich das Identitätskonstrukt als hilfreiches analytisches Werkzeug zur Untersuchung individueller Aushandlungsprozesse zu MINT erwiesen (Gonsalves & Danielsson, 2020). Der Begriff der Identität ist dabei schwer greifbar geblieben. Eine erste Annäherung an den Identitätsbegriff folgt der Definition nach Gee (2000), Identität als die spezifische Wahrnehmung der eigenen Person in einem spezifischen Kontext zu verstehen. Damit ist Identität Resultat kontextabhängiger Konstruktionsprozesse mit stets vorläufigem Charakter (Archer & DeWitt, 2015). Identität wird sprachlich konstituiert und interaktiv hergestellt, sodass Identitätsarbeit u.a. in (autobiographischen) Erzählungen geleistet wird (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Mit Blick auf Identifikationsräume im Bereich der Physik ist u.a. relevant, dass die Disziplin Physik mit Maskulinität assoziiert wird (Avraamidou, 2022). Physikerinnen wiederum werden als ordentlich, fleißig und regelbefolgend eingeschätzt (Gonsalves & Danielsson, 2020). Vor diesem Hintergrund kann es für junge Frauen herausfordernd sein, sich mit Physik und dem Bild von Physikerinnen zu identifizieren.

Forschungsdesign

In einer längsschnittlichen Studie (4 Erhebungen) wurden über ein Jahr hinweg mit neun Teilnehmerinnen von MINT-Berufsorientierungsakademien (16-18 Jahre) narrativ angelegte Interviews mit erzählgenerierenden Impulsen geführt (vgl. Kressdorf & Rabe, 2021). Die Stichprobe umfasst also Probandinnen mit einem eher hohen Interesse an MINT (vgl. Kressdorf, Rabe & Winkler, 2022). Als methodologischer Rahmen wurde der Erhebungsansatz der narrativen Identität nach Lucius-Hoene & Deppermann (2002) genutzt. D.h. es wird angenommen, dass im Erzählen über das eigene Leben Aspekte der eigenen Identität dar- und hergestellt werden. Die Interviews wurden transkribiert und anschließend rekonstruktiv, ebenfalls nach Lucius-Hoene & Deppermann (2002), u.a. in Interpretationswerkstätten ausgewertet. Dabei wurden Falldarstellungen als längsschnittliche Betrachtungen der Einzelfälle sowie Fallvergleiche, in denen die Aushandlungen der Frauen in verschiedenen Bereichen einander gegenübergestellt werden, erstellt. Im Arbeitsprozess werden die Falldarstellungen und Fallvergleiche fast wie in einer Spirale aufeinander bezogen und weiterentwickelt.

Einblick in die Ergebnisse

Der nachfolgende Einblick in drei Fälle (Lisbeth, Klara und Charlotte) entlang von zwei Aushandlungsbereichen zu Identitätsaspekten illustriert, dass die jungen Frauen einerseits auf sehr ähnliche Bereiche Bezug nehmen, sich aber andererseits in ihren Identitätsaushandlungen deutlich voneinander unterscheiden. Obwohl sich die jungen Frauen auf globaler Ebene alle als MINT-interessiert äußern, zeigt sich schon in einer ersten vertiefenden Annäherung an die Individuen eine große Heterogenität. Charlotte hat bspw. als einzige nicht zwei Naturwissenschaften als Leistungskurse gewählt, sondern eine Sprache und eine Sozialwissenschaft. Klara ist als einzige mit nur einem Elternteil aufgewachsen, was nach ihrer eigenen Einschätzung viel Selbstständigkeit gefordert hat, wobei die Intensität auffällig ist, mit der sie ihr Bedürfnis nach Selbstständigkeit hervorhebt. Während alle drei Probandinnen im ersten Interview Berufsideen äußern, die in Richtung Naturwissenschaften gehen (könnten), entscheidet sich schließlich nur Klara nach der Schule mit Pharmazie für ein Studium im Bereich von Naturwissenschaften. Zudem unterscheiden sich die drei in der Intensität sowie der Art und Weise, wie sie Ratschläge und Perspektiven anderer Personen in ihren Aushandlungsprozess zu BWE einbeziehen. Während Lisbeth BWE in enger Aushandlung mit anderen, vor allen Dingen ihren Eltern, trifft, sich gern absichert und direkten Rat einholt, der sich dann unmittelbar auf ihr eigenes (mögliches) Handeln bezieht, trifft Klara BWE vorwiegend allein. Lebensentwürfe anderer dienen ihr eher als Inspirationsquelle. Charlotte wiederum tauscht sich aktiv mit anderen über berufliche Ideen aus. Sie wirkt dabei als Austauschpartnerin auf Augenhöhe – auch für ihre Mutter, die Charlotte gern in ihre Überlegungen zur eigenen beruflichen Weiterentwicklung einbezieht. Die Lebensgeschichten ihrer Eltern dienen Charlotte als Referenzpunkt für Überlegungen zur eigenen Zukunft. Sie scheint aber, im Vergleich zu Lisbeth, nicht das Bedürfnis zu haben, sich bezüglich ihrer Entscheidungen rückzuversichern.

Betrachtung des Aushandlungsbereichs Physik

Lisbeth begründet ihre Entscheidung, Physik nicht gewählt zu haben, damit, dass ihre Physiklehrerin in der 10. Klasse nicht gut vermitteln konnte, weshalb ihr die Motivation gefehlt habe (L1-506f). Lisbeth muss feststellen, dass es außerhalb von Physikunterricht (PU) gar nicht einfach ist, auszumachen, was Physik ist (L1-517ff). Zu ihrem Bild von Physiker*innen kann sie hingegen ad hoc sprechen. Dieses Bild ist gut mit Personen vereinbar, die aufgeschlossen, kommunikativ und ehrgeizig sind (L2-311f). Lisbeth bringt dies jedoch weder mit ihrer eigenen Person noch ihrer eigenen beruflichen Zukunft in Verbindung, sondern bleibt in ihrem Sprechen über Physik auf Distanz. **Klara** wiederum hat Physik „abgewählt", weil ihr die für die Oberstufe vorgesehenen Themen nicht zugesagt haben. Physik gefällt ihr jedoch so gut, dass sie sich entschieden hatte, ihre Facharbeit in Physik zu schreiben (K1-498f). Physik ist für Klara „auch möglich" (K1-106ff), jedoch „läuft" Physik bei Klara nur, wenn sie dabei nicht unter Druck steht, wie es z.B. in Prüfungssituationen der Fall ist (K1-740f). Zudem vereinfache ihr Wissen über Physik ihr den Alltag (K1-551). Für **Charlotte** scheint ihr nicht-Wählen von Physik kaum relevant zu sein: Sie kommt trotz des im Interview aufgeworfenen Physik-Kontextes nicht von sich aus darauf zu sprechen. Als einzige Naturwissenschaft belegt sie noch Biologie. Dies steht zunächst im Widerspruch dazu, dass sie hervorhebt, dass Physik „eigentlich [ihre] Lieblingswissenschaft" war (C1-426f), als sie noch alle drei naturwissenschaftlichen Fächer hatte. Ferner markiert sie Physik mit positiver Konnotation als das herausforderndste Fach. Physik umfasse „konkrete Probleme", die mit komplexem Denken zu lösen sind, was Charlotte gut gefällt (C1-428f). Sie äußert sich also sehr positiv über Physik, kommt am Ende aber zu dem Resümee, Physik besäße für sie selbst kaum Relevanz (C1-435f). Wenn

für Charlotte Physik relevant wird, dann wird Physik von außen an sie herangetragen. **Insgesamt** zeigt sich also, dass die Beweggründe, warum Physik als Fach nicht mehr belegt wird, auf sehr unterschiedlichen Ebenen liegen. Auffällig ist zudem, dass alle drei Probandinnen spontan nicht formulieren können, welche Rolle Physik für sie persönlich spielt, sondern erstmal auf unterschiedliche Weise ausloten, wo Physik (außerhalb von PU) in ihrem Leben thematisch und relevant geworden ist. Dieses Nachdenken wird also erst durch die Interviewsituation angestoßen. Verknüpfungen zwischen dem eigenen Alltagserleben und Physik herzustellen, erscheint angesichts dieser Befunde keine gängige Denkweise zu sein.

Betrachtung des Aushandlungsbereichs Familie und Berufsleben

Für Lisbeth und Charlotte scheint das Thema einer eigenen Familie noch weit entfernt und dennoch relevant zu sein. **Lisbeth** ist es wichtig, nach dem Studium in der Nähe ihrer Eltern und ihres Freundes arbeiten zu können. Dieser plant, sich im Heimatbundesland verbeamten zu lassen (L3-474). Trotz dieser bereits vorgegebenen Rahmenbedingungen deutet Lisbeth nicht an, sich hinsichtlich ihrer freien Berufswahl eingeschränkt zu fühlen. **Charlotte** verhandelt das Thema der Vereinbarkeit von Familie und Beruf bereits intensiv. Sie äußert, sie habe „bei [ihr]er Mutter gesehen, dass es wirklich schwierig ist und wirklich wirklich n Problem ist“ Familie und Beruf miteinander zu vereinbaren (C1-810ff). Charlotte ist es „auch wichtig“ (C1-823), in einem Berufsfeld zu arbeiten, wo sie eine Position innehaben kann, „die es mir erlaubt, dass ich dann beides miteinander verbinde“ (C1-825ff). **Klara** äußert nach unterschiedlichen Impulsen zur (eigenen) Zukunft in jedem Interview, sie wolle „nicht unbedingt eine Familie“ haben. Gleichzeitig scheint das Thema Familie für sie so wichtig zu sein, dass sie es wiederholt selbst einbringt. Klara betont, Familie ebenso wie Partnerschaft bringe Abhängigkeit (K4-411ff), ihr sei hingegen Selbstbestimmung und Unabhängigkeit wichtig. **Insgesamt** hat sich die intuitive Annahme bestätigt, dass der Wunsch nach und die Vorstellungen zur eigenen Familie nicht präsent sein müssen, um im Entscheidungsprozess Wirkung zu entfalten. Außerdem fällt auf, dass die Abhängigkeit von Familie und Beruf von Klara und Charlotte in unterschiedliche Richtungen wahrgenommen wird.

Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

In den Interviewanalysen zeigt sich, dass sich in Prozessen der BWE sowohl die Aushandlung zur Physik als auch zur Familie und Berufsleben (neben weiteren Aushandlungsbereichen) niederschlagen. Deshalb sollten diese Bereiche nicht getrennt voneinander ausgewertet, sondern in der Analyse aufeinander bezogen betrachtet werden. Ein weiteres Ergebnis schließt an bisherige Befunde an (vgl. Archer, MacLeod & Moote, 2020): Mit dem Fach Physik scheinen besondere Herausforderungen einherzugehen, sodass die jungen Frauen sich nur unter bestimmten bzw. optimalen Bedingungen vorstellen können, das Fach weiter zu belegen. Zudem deutet sich in den Daten bereits die unterschiedliche Art der Verhandlung von Identitätskonflikten zwischen Physikidentität und Geschlechtsidentität an, bedarf jedoch weiterer empirischer Untermauerung. So koexistieren z.B. bei Lisbeth beide Identitäten nebeneinander und erst in einer erzwungenen Entscheidungssituation tritt eine (die Geschlechtsidentität) dominant vor. Klara wiederum scheint diesen Identitätskonflikt bewusst zu bearbeiten. Es liegt auf der Hand, dass nicht alle MINT-interessierten jungen Frauen aktiv einen Identitätskonflikt durchlaufen können und dabei zu einer aus Sicht der Naturwissenschaften positiven BWE gelangen. Demnach besteht eine wesentliche Herausforderung, die auch Avraamidou (2020) beschreibt, darin, die Kultur der Physik sowohl im schulischen als auch im akademischen Kontext zu verändern, um Mädchen und Frauen neue Identitätsräume zu ermöglichen.

Literatur

Archer, L., & DeWitt, J. (2015). Science Aspirations and Gender Identity: Lessons from the ASPIRES Project. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (pp. 89–102). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94*(4), 617–639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

Archer, L., MacLeod, E., & Moote, J. (2020). Going, Going, Gone: A Feminist Bourdieusian Analysis of Young Women's Trajectories in, Through and Out of Physics, Age 10–19, 9–28. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41933-2_2

Avraamidou, L. (2020). "I am a young immigrant woman doing physics and on top of that I am Muslim": Identities, intersections, and negotiations. *Journal of Research in Science Teaching*, *57*(3), 311–341. https://doi.org/10.1002/tea.21593

Avraamidou, L. (2022). Identities in/out of physics and the politics of recognition. *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(1), 58–94. https://doi.org/10.1002/tea.21721

Destatis. (2023). Studierende: Deutschland, Semester, Nationalität, Geschlecht, Studienfach - WS 2021/22 Physik. Statisches Bundesamt. Retrieved from https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1695202551112&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=21311-0012&auswahltext=&w

DPG. (2023). Initiative „Physikerin der Woche" macht Physikerinnen sichtbar. Retrieved from https://www.innovative-frauen-im-fokus.de/news/initiative-physikerin-der-woche-macht-physikerinnen-sichtbar/

Gee, J. P. (2000). Identity as an analytic lens for research in education. *Review of Research in Education*, *25*, 99–125. https://doi.org/10.3102/0091732x025001099

Gonsalves, A. J., & Danielsson, A. T. (2020). Introduction: Why Do We Need Identity in Physics Education Research?, 1–8. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41933-2_1

Kressdorf, F., & Rabe, T. (2021). „ Naturwissenschaften begeistern mich halt einfach " - Bildungswegentscheidungen junger Frauen unter Identitätsperspektive. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?, online Jahrestagung 2020* (pp. 394–397). Universität Duisburg-Essen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Kressdorf, F., Rabe, T., & Winkler, A. (2022). *MINT-Bildungswege in der Perspektive junger Frauen. Wissenschaftliche Begleitstudie zum Projekt helpING*. https://doi.org/10.30819/5383

Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). *Rekonstruktion narrativer Identität*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-663-11291-4

Svenja Boegel
Mathias Ropohl
Universität Duisburg Essen

Der Einfluss von Feedback auf kognitive und motivationale Schüler:innenmerkmale

Theoretischer Hintergrund

Schüler:innen zeigen in Experimentiersituationen, insbesondere bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie (VKS), Lernschwierigkeiten, welche angepasste Lernprozesse erfordern (Schwichow et al., 2016). In vorangegangenen Studien hat sich Feedback zu einer Experimentplanung als effektive Lernunterstützung erwiesen (Hild et al., 2020; Scheuermann, 2017; Wollenschläger et al., 2011). In den Diskussionen klingt an, dass kognitive Konstrukte, wie der wahrgenommene Cognitive Load, sowie motivationale Merkmale beim Lernen mit Feedback eine wichtige Rolle für den Lernerfolg spielen (Ryan & Deci, 2000; Sweller, 1988). Für die Entwicklung von Feedback im Sinne eines Lernunterstützungsmaterials kann die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2001) als Grundlage genutzt werden. Hiernach steht ein Kanal für visuell/non-verbal (z.B. Bilder) und ein Kanal für auditiv/verbal (z.B. geschriebener Text) präsentierte Informationen zur Verfügung, denn das Arbeitsgedächtnis hat voneinander unabhängige visuelle und auditive Komponenten zur kurzfristigen Speicherung (Paivio, 1986). Diese Arbeitsgedächtnisspeicher haben jedoch eine begrenzte Kapazität (Chandler & Sweller, 1991). Um diese Kapazität nicht auszulasten, kann Lernmaterial aus einer Kombination von Texten und Bildern gestaltet werden. Bei der Gestaltung sollte darauf geachtet werden, dass Bilder räumlich nah und zeitlich simultan zum korrespondierenden Text dargestellt werden. Die Informationsverarbeitung kann unterstützt werden, indem die Aufmerksamkeit der Lernenden auf zentrale Text- und Bildelemente gelenkt wird. Bei der Auswahl der Bilder sollte darauf geachtet werden, dass es sich hierbei um sinnvoll gewählte Bilder handelt, welche nicht als seductive detail eingeordnet werden. Seductive details wiederum werden von den Schüler:innen als interessant empfunden, aber sind für den Lernerfolg irrelevant (Schnotz, 2009). Zudem lernen Schüler:innen effektiver, wenn der Text im Gesprächsstil präsentiert wird (Mayer, 2009). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde eine Feedbackversion gestaltet, die aus einer Kombination von Text und Bild (TB) besteht. Diese wird mit Feedbackversionen verglichen, die Informationen nur in Textform (NT) oder nur in Bildform (NB) präsentieren.

Ziel und Forschungsfragen

Zentrales Ziel des Vorhabens ist das Untersuchen des Einflusses verschiedener Feedbackversionen beim Planen eines Experiments unter Anwendung der VKS auf kognitive und affektive Schüler:innenmerkmale. Eine Feedbackversion wurde nach den Gestaltungsprinzipien der CTML entwickelt.

Forschungsfrage: Welche Auswirkung hat Nur-Text (NT), Nur-Bild (NB) und Text-Bild (TB) Feedback auf den wahrgenommenen Cognitive Load, die Motivation und die Kompetenzunterstützung von Schüler:innen beim Planen von Experimenten unter Anwendung der VKS?

Methodisches Vorgehen

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde im Sommer 2023 eine Querschnittserhebung durchgeführt, an der $N = 290$ Schüler:innen aus 9. Klassen nordrhein-westfälischer Gymnasien teilgenommen haben. Die Proband:innen wurden zur Beantwortung der Forschungsfrage vier Bedingungen randomisiert zugeordnet: Feedback nur in Textform ($n_{NT} = 74$), Feedback nur in Bildform ($n_{NB} = 75$), Feedback als Text-Bild-Kombination ($n_{TB} = 74$) und Feedback, das ausschließlich Informationen enthält, welche die anderen drei Versionen enthalten und als Kontrollgruppen-Feedback bezeichnet wird ($n_{KG} = 67$). Die Schüler:innen lesen in allen vier Bedingungen zunächst eine vorgeschriebene Experimentplanung, welche nicht alle Charakteristika der VKS beinhaltet. Diese Planung wurde basierend auf realen Schülerantworten aus einer vorherigen Studie erstellt. Anschließend sollen die Schüler:innen mit Hilfe des Feedbacks eine Experimentplanung neu schreiben. Da das Feedback Bezug zu der vorgeschriebenen Experimentplanung nimmt, welche für alle Gruppen gleich ist und nicht auf eine individuelle Schülerantwort fokussiert, kann dieses als simuliertes Feedback bezeichnet werden. Anschließend sollen die Schüler:innen ihren wahrgenommenen Cognitive Load (Kalyuga et al., 1999; Paas, 1992) und die Motivation (Hauerstein, 2019) bei der Arbeit mit dem Feedback sowie die Kompetenzunterstützung (Bürgermeister et al., 2011) durch das Feedback einschätzen. Außerdem wurden im Sinne von Kontrollvariablen das Fachwissen (van Vorst, unveröffentlicht), die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) und das Wissen über die VKS (Nehring, 2014) erhoben.

Ergebnisse

Um die Vergleichbarkeit der drei Gruppen (NT, NB, TB) und der Kontrollgruppe (KG) sicherzustellen, wurde mittels ANOVA überprüft, ob sich diese Gruppen hinsichtlich der Kontrollvariablen signifikant unterscheiden. Die Ergebnisse der ANOVA zeigen, dass sich die Gruppen nicht signifikant unterscheiden und damit in weiteren Analysen vergleichbar sind (Fachwissen: $F(3,283) = .397$, $p = .755$, $\eta^2 = .004$, Kognitive Fähigkeiten: $F(3,283) = .931$, $p = .426$, $\eta^2 = .009$, Wissen über VKS: $F(3,280) = .943$, $p = .420$, $\eta^2 = .009$).

Die drei Feedbackversionen sollten einen Einfluss auf den wahrgenommenen Cognitive Load, die Motivation und die Kompetenzunterstützung der Schüler:innen haben. Um dies zu überprüfen, wurde eine MANOVA berechnet.

Es gibt einen signifikanten Haupteffekt zwischen der eingesetzten Feedbackversion und dem wahrgenommenen Cognitive Load, der Motivation und der Kompetenzunterstützung der Schüler:innen ($F(12,749) = 3.312$, $p < .001$, partielles $\eta^2 = .045$, Wilk's $\Lambda = .872$). Post-hoc wurden univariate ANOVAs für jede Variable berechnet. Es gibt keinen signifikanten Unterschied in der Motivation und Kompetenzunterstützung der Schüler:innen zwischen den Feedbackversionen (Motivation: $F(3,286) = 0.511$, $p = .675$, partielles $\eta^2 = .005$, Kompetenzunterstützung: $F(3,286) = 0.418$, $p = .741$, partielles $\eta^2 = .004$).

Jedoch gibt es einen signifikanten Unterschied im wahrgenommen Cognitive Load der Schüler:innen zwischen den Feedbackversionen ($F(3,286) = 10.774$, $p < .001$, partielles $\eta^2 = .102$). Nachfolgend sind die Ergebnisse zum Item der investierten Denkanstrengung (Paas, 1992) dargestellt. Für das Item zur wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit (Kalyuga et al., 1999) ist ein identischer Trend zu erkennen. Außerdem korrelieren diese Items stark miteinander, $r = .644$, $p < .001$.

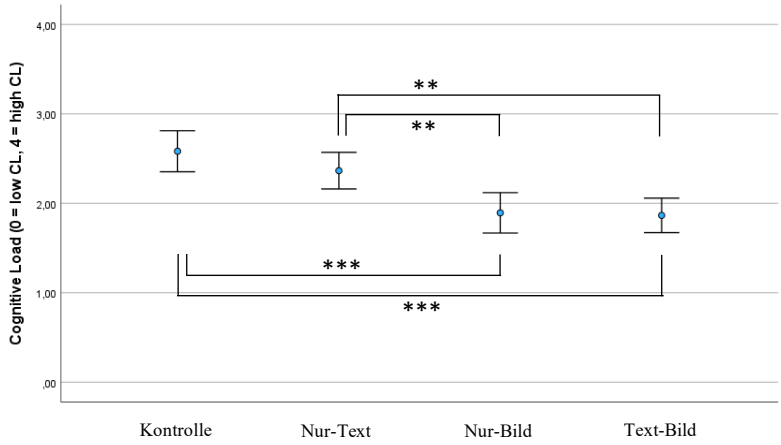


Abb.1: Fehlerbalkendiagramm der Mittelwerte des Items zur investierten Denkanstrengung

Die Schüler:innen, die mit dem Nur-Bild- bzw. dem Text-Bild-Feedback gearbeitet haben, nehmen einen signifikant niedrigeren Cognitive Load wahr verglichen mit den Schüler:innen, die mit dem Nur-Text-Feedback oder dem Feedback der Kontrollgruppe gearbeitet haben.
Des Weiteren wurde mittels ANOVA überprüft, ob die Feedbackversionen einen Einfluss auf die Qualität der geschriebenen Experimentplanung haben. Es gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der verwendeten Feedbackversion und der erreichten Punktzahl in der neu geschriebenen Experimentplanung ($F(3,286) = 49{,}627$, $p < .001$, $\eta^2 = .521$). Die Schüler:innen, die mit dem Text-Bild-Feedback gearbeitet haben, erreichen signifikant mehr Punkte und schreiben somit qualitativ hochwertigere Experimentplanungen im Vergleich zu den Schüler:innen, die mit dem Nur-Text-, Nur-Bild- oder mit dem Feedback der Kontrollgruppe gearbeitet haben.

Diskussion und Limitation

Mit Blick auf die Forschungsfrage kann festgehalten werden, dass das Text-Bild-Feedback verglichen mit den drei anderen Feedbackversionen zum geringsten wahrgenommenen Cognitive Load führt. Die Gestaltungsprinzipien der CTML stellen somit einen effektiven Ansatz für das Ausstellen von Feedback dar. Die vier Feedbackversionen haben keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Motivation der Schüler:innen. Eine Erklärung ist, dass die genutzten Bilder als instruktionale Bilder fungieren, welche zwar lernförderlich aber wenig motivierend sind (Schnotz, 2009). Zudem ist es aufgrund des methodischen Vorgehens fraglich, inwieweit Kompetenz, Autonomie und soziale Eingebundenheit erlebt werden (Ryan & Deci, 2000). Auch haben die drei Feedbackversionen keinen unterschiedlichen Einfluss auf die wahrgenommene Kompetenzunterstützung. Eine Erklärung dafür ist, dass alle vier Feedbackversionen als elaboriertes Unterstützungsmaterial gesehen werden können. Die wahrgenommene Kompetenzunterstützung ist daher in allen Bedingungen durchschnittlich bis eher hoch. Außerdem wurde nur einmal mit Feedback gearbeitet, was entgegen der Annahme des Aufbauens einer Unterrichtskultur nach den Prinzipien des formativen Assessments spricht, um eine Routine im Geben und Erhalten von Feedback aufzubauen (Black & Wiliam, 1998).

Literatur

Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, *5*(1), 7–75.

Bürgermeister, A., Kampa, M., Rakoczy, K., Harks, B., Besser, M., Klieme, E., Blum, W. & Leiß, D. (2011). *Dokumentation der Befragungsinstrumente des Laborexperimentes im Projekt "Conditions and Consequences of Classroom Assessment" (Co²CA)*. Frankfurt am Main: DIPF. https://doi.org/10.25656/01:3528

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, *8*(4), 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

Hauerstein, M.-T. (2019). *Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832588427

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision.* Beltz Test GmbH.

Hild, P., Buff, A., Gut, C. & Parchmann, I. (2020). Adaptives kompetenzbezogenes Feedback beim selbstständigen praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *26*(1), 19–35. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00109-8

Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, *13*(4), 351–371. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199908)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: University Press.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/multimedia-learning/7A62F072A71289E1E262980CB026A3F9 https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678

Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung*. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos Verlag.

Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, *84*(4), 429–434. https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429

Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford University Press.

Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary educational psychology*, *25*(1), 54–67. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020

Scheuermann, H. (2017). *Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten*. Logos Verlag.

Schnotz, W. (2009). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz PVU.

Schwichow, M. G., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. N. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, *39*, 37–63. https://doi.org/10.25656/01:12696

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Wollenschläger, M., Möller, J. & Harms, U. (2011). Effekte kompetenzieller Rückmeldung beim wissenschaftlichen Denken. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *25*(3), 197–202. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000040

Anna Weissbach[1] [1]Universität Bremen
Christoph Kulgemeyer[1]

Reflexionsfähigkeit: Validierungsstudien zu einem Test mit Feedback

Die Reflexion von Unterricht gilt als probates Mittel zur Förderung der Professionalisierung angehender Lehrkräfte und demgemäß als Kernaufgabe von Lehrkräften (z. B. Carlson et al., 2019; von Aufschnaiter et al., 2019). Da Reflexionen (angehender) Lehrkräfte allerdings häufig auf niedrigen bzw. deskriptiven Niveaus verbleiben (z. B. Wyss, 2013; Hatton & Smith, 1995), wird ihr Potential für die Entwicklung von Unterricht und der eigenen Fähigkeiten nicht ausgeschöpft. Um Physik-Lehramtsstudierende bei der Entwicklung ihrer Reflexionsfähigkeit zu unterstützen, wurde im Rahmen des Projekts *ProfiLe-P-Transfer* ein Testinstrument mit Feedback entwickelt, dass die fundierte und valide Einschätzung dieser Fähigkeit ermöglichen soll. Das Instrument steht unter www.unterrichtsreflexion.de frei zur Verfügung.

Die Materialien: Testinstrument und Feedback

Die Erfassung der Reflexionsfähigkeit angehender Physiklehrkräfte erfolgt mit einem online-basierten Testinstrument. Darin werden sieben (geskriptete) inhaltlich aufeinander folgende Videovignetten einer Physik-Doppelstunde reflektiert. Der Einsatz von Videovignetten ermöglicht dabei die systematische Betrachtung authentischer Unterrichtssituationen in komplexitätsreduzierter Form (Lohse-Bossenz et al., 2023; Oser et al., 2010). Die Reflexion wird in eine fiktive kollegiale Beratungssituation eingebettet: Robert, ein fiktiver Mitpraktikant, bittet um Feedback, das die angehenden Lehrkräfte zu 16 Aspekten jeweils im Rahmen von zwei Multiple-Choice (MC)-Aufgaben geben (je eine Aufgabe zur Bewertung und eine zum Vorschlagen von Handlungsalternativen). Betrachtet wird dabei u. a. der stereotypische Umgang mit Schüler*innen. Das anschließende Feedback soll den Studierenden eine fundierte Einschätzung der eigenen Fähigkeit ermöglichen. Um das Feedback möglichst effektiv zu gestalten (Hattie & Timperley, 2007), enthält es Informationen zur Konzeptualisierung der Unterrichtsreflexion, dessen Umsetzung im Testinstrument, die individuellen Ergebnisse mit einer Einordnung in eine Vergleichsgruppe sowie den Hinweis auf ein Selbstlernmaterial zur unterstützten Reflexion dreier weiterer Unterrichtsausschnitte.

Validierungsstudien zu Testinstrument und Feedback

Testinstrument und Feedback werden evaluiert, um die Interpretation der Testwerte als Maß für die Reflexionsfähigkeit der Studierenden und damit als Ausgangspunkt für weitere Professionalisierung zu validieren. Im Sinne des Argument-based-Approach (Kane, 2013) werden Argumente für die Validität gesammelt. Dazu werden die Übersetzungsschritte evaluiert, die notwendig sind, um den Studierenden ausgehend vom Konstrukt der Unterrichtsreflexion die Interpretation ihres Feedbacks zu ermöglichen (s. Abb. 1; vgl. Dickmann, 2016). Dabei werden Aspekte der inhaltlichen, kognitiven, externen und konsequentiellen Validität berücksichtigt (Messick, 1995).

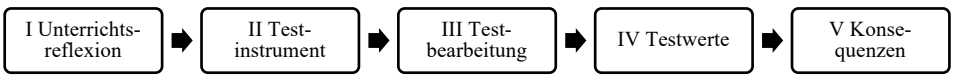


Abb. 1: Übersetzungsschritte vom betrachteten Konstrukt Unterrichtsreflexion bis hin zu Konsequenzen aus dem Feedback

Zusammenfassung der Ergebnisse der Validierungsstudien

Das entwickelte Testinstrument basiert auf dem von Kempin et al. (2018) entwickelten Reflexionsperformanztest, der Reflexionen zu Videovignetten verbal und in einem offenen Antwortformat einfordert. Für die *inhaltliche Validität* des Testinstruments (Übersetzungsschritt I zu II) ist sicherzustellen, dass die Auswahl der Szenen und Aufgaben zur Abbildung des Konstrukts der Unterrichtsreflexion angemessen und authentisch ist. Die Auswahl der Testinhalte erfolgte mit einem Fokus auf fachdidaktische Situationen, beinhaltet aber auch fachliche (physikalische) und pädagogische Aspekte. Die fachlichen Inhalte der Unterrichtsstunde, die Wiederholung der Newtonschen Axiome und die Einführung der Impulserhaltung, sind relevant für verschiedene Schulformen und werden üblicherweise im ersten Studiensemester unterrichtet, sodass das Instrument für eine große Gruppe an Lehramtsstudierenden relevant wird. Zudem wurden die Teilnehmenden auf einer vierstufigen Likert-Skala um eine Einschätzung u. a. der Authentizität der verwendeten Videovignetten und ihrer Eignung für die Reflexion von Unterricht gebeten. Mit $M = 2{,}96$ (SD: 0,80; 4: volle Zustimmung, 1: volle Ablehnung) wurden die Vignetten insgesamt als authentisch und als geeignet für die Reflexion von Unterricht ($M = 3{,}30$; SD: 0,62) eingestuft. Die Antwortoptionen in den MC-Aufgaben basieren auf über 150 Reflexionen von Studierenden zu den Unterrichtsausschnitten aus dem Reflexionsperformanztest und sollen so möglichst authentische Optionen darstellen. Antwortoptionen werden dann als „richtig" bewertet, wenn sie relevante Rückmeldungen gemäß der Experteneinschätzung zu den Videovignetten im Reflexionsperformanztest darstellen. Einschränkend bleibt festzuhalten, dass das Testinstrument Unterrichtsreflexion nur in einem Ausschnitt abbilden kann und die Verwendung von MC-Aufgaben die Studierenden von der Anforderung entlastet, die relevanten Aspekte im Unterricht zu erkennen, die näher betrachtet werden sollten. Dies könnte allerdings gerade für weniger erfahrene Studierende eine Entlastung sein (Lohse-Bossenz et al., 2023).

Im Rahmen von $N = 7$ Think-Aloud-Interviews mit Physik-Lehramtsstudierenden wurde die *kognitive Validität* des Instruments geprüft (Übersetzungsschritt II zu III). Die Transkripte der Interviews wurden inhaltsanalytisch ausgewertet. Dabei wurde deutlich, dass die Studierenden zur Lösung der Aufgaben Überlegungen anstellen, die sich explizit auf den Unterricht bzw. die Antwortoptionen beziehen oder Reflexionen des Unterrichts darstellen; grundlegende Verständnishürden in der Bearbeitung des Testinstruments traten nicht auf. Zusätzlich erfolgte eine Zweitkodierung von etwa 14,5 % der Segmente mit mittelmäßiger bis sehr guter Übereinstimmung ($0{,}54 \leq \kappa_{Cohen} \leq 0{,}91$, $p < 0{,}001$; Döring & Bortz, 2016). Eine ausführlichere Darstellung findet sich in Weißbach und Kulgemeyer (2022).

Auf Grundlage von $N = 189$ Testbearbeitungen angehender Physik-Lehrkräfte (davon 90 im Bachelorstudium, 83 im Masterstudium, 11 im Referendariat und 5 Personen in sonstigen physiklehramtsbezogenen Ausbildungssituationen) erfolgt eine Prüfung der statistischen Kennwerte (Übersetzungsschritt III zu IV). Für die 32 MC-Aufgaben zum Bewerten und Vorschlagen von Alternativen ergibt sich eine sehr hohe Reliabilität von $\alpha_{Cronbach} = 0{,}95$ (Döring & Bortz, 2016). Auch die Lösungshäufigkeiten der Aufgaben liegen mit durchschnittlich 0,66 (0,36 bis 0,91) in einem annehmbaren Bereich (ebd.). Ein Vergleich der Ergebnisse von Studierenden im Bachelor- und Masterstudium zeigt signifikant bessere Ergebnisse für Masterstudierende ($d_{Cohen} = 0{,}68$, $p < 0{,}001$). Für eine Kohorte von $N = 22$ Studierenden zweier Universitäten zeigten sich außerdem signifikante Unterschiede in den Testergebnissen vor und nach dem Praxissemester ($d_{Cohen} = 0{,}46$, $p < 0{,}01$). Beide Unterschiede erscheinen insofern plausibel, da der Studienfortschritt insgesamt mit einer

größeren Anzahl an Lerngelegenheiten auch für Unterrichtsreflexion einhergeht und das Praxissemester an beiden Standorten eng begleitet wird (z. B. durch Unterrichtsnachbesprechungen mit Universitätsdozierenden) und somit eine Lerngelegenheit für die Studierenden darstellt.

Zur *externen Validierung* der Testwerte (ebenfalls Übersetzungsschritt III zu IV) wurde zunächst in einer Stichprobe von $N = 41$ Studierenden im Praxissemester zusätzlich zum Reflexionstestinstrument ein Test zum fachdidaktischen Wissen eingesetzt (Jordans et al., 2022). Zwischen diesen beiden Instrumenten konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Außerdem wurde in einer Stichprobe von $N = 39$ Studierenden auch ein Reflexionsperformanztest eingesetzt (Kempin, et al., 2018). Da das hier vorgestellte Testinstrument auf dem Reflexionsperformanztest basiert, ermöglicht der Einsatz beider Instrumente die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen zwei Maßen für Reflexionsfähigkeit, deren Erfassung sich vorrangig in der Methode (MC-Aufgaben vs. offenes, verbales Antwortformat) unterscheidet. Da beide Instrumente gleiche Unterrichtsausschnitte beinhalten, wurde der Reflexionsperformanztest mit offenem Antwortformat zuerst bearbeitet, um eine potentielle Beeinflussung der freien Reflexionen durch zuvor gelesene Antwortoptionen zu vermeiden. Zwischen den Testwerten beider Instrumente besteht ein Zusammenhang von $r_{\text{Pearson}} = 0{,}49$ ($p < 0{,}01$).

Im Rahmen der *konsequentiellen Validierung* wurden die Studierenden bzgl. ihrer Interpretation des Feedbacks befragt (Übersetzungsschritt IV zu V): Nach einer ersten Interviewstudie mit $N = 6$ Studierenden wurde das Feedback überarbeitet und es wurden weitere $N = 6$ Studierende zur überarbeiteten Version interviewt. Die Interviews wurden qualitativ inhaltanalytisch ausgewertet. In beiden Interviewstudien wurden überwiegend inhaltlich sinnvolle Einordnungen der erreichten Testwerte geäußert, wobei die Studierenden sich zumeist am Median der Vergleichsgruppe orientierten (Ergebnisse darüber werden als positiv eingestuft, solche darunter repräsentierten Entwicklungspotentiale; näheres dazu in Weißbach & Kulgemeyer, 2023). Allerdings ziehen die Studierenden kaum konkrete Schlussfolgerungen aus dem erhaltenen Feedback. Um hier zu unterstützen, wurde das Feedback um eine niedrigschwellige Empfehlung für die Arbeit mit dem Selbstlernmaterial ergänzt (z. B. sich dabei auf das Finden von Alternativvorschlägen zu konzentrieren). Inwiefern diese Empfehlungen tatsächlich umgesetzt werden bzw. einen Mehrwert für die Studierenden bieten, ist allerdings bislang nicht untersucht.

Insgesamt deuten die Ergebnisse der Validierungsstudien darauf hin, dass das Testinstrument dazu geeignet ist, den Studierenden eine fundierte Einschätzung ihrer Reflexionsfähigkeit zu ermöglichen. Auch wenn das Instrument nur einen Ausschnitt der Unterrichtsreflexion abbilden kann und die MC-Aufgaben Überlegungen der Studierenden im Vergleich zum offenen Antwortformat möglicherweise beeinflussen, stellen die Studierenden relevante Überlegungen im Kontext der Unterrichtsreflexion an und interpretieren das erhaltene Feedback vorwiegend inhaltlich sinnvoll. Auch die hohe interne Konsistenz sowie die externe Validierung mit dem Reflexionsperformanztest stützen die Eignung der Testwerte zu diesem Zweck. Einschränkungen sind in Bezug auf die Eignung des Instruments als explizite Professionalisierungsmöglichkeit festzuhalten, da die Studierenden kaum konkrete Schlussfolgerungen aus dem Feedback ziehen und auch das Selbstlernmaterial nicht umfassend als Lerngelegenheit evaluiert ist. Wegen der hohen internen Konsistenz scheint es aussichtsreich, eine zeitlich effizientere Kurzversion mit weniger Items zu entwickeln. Dies soll zukünftig angegangen werden.

Literatur

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedchrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepert, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., … Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hrsg.), Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science, S. 77-94. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Dickmann, M. (2016). Messung Von Experimentierfähigkeiten. Validierungsstudien zur Qualität eines Computerbasierten Testverfahrens. https://doi.org/10.5281/zenodo.168540

Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. In: Review of Educational Research 77(1), 81-112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. In: Teaching and Teacher Education 11(1), 33-49. https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U

Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Virtuelle Jahrestagung 2021 (Bd. 42). Duisburg-Essen: Universität Duisburg-Essen, 764-767.

Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. Journal of Educational Measurement 50(1), 1-73. https://doi.org/10.1111/jedm.12000

Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2018). Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (Bd. 38). Regensburg: Universität Regensburg, 867-870.

Lohse-Bossenz, H., Schmitt, M., Lenske, G. & Gold, B. (2023). „The same or different?" – Effekte von Unterrichtsanalyse und Unterrichtsreflexion auf die Veränderung kognitiver und motivationaler Merkmale professioneller Lehrkompetenz. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. https://doi.org/10.1007/s11618-023-01197-1

Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. American Psychologist 50(9), 741-749.

Oser, F., Heinzer, S., & Salzmann, P. (2010). Die Messung der Qualität von professionellen Kompetenzprofilen von Lehrpersonen mit Hilfe der Einschätzung von Filmvignetten. Unterrichtswissenschaft, 38(1), 5–28.

Von Aufschnaiter, C., Hofmann, C., Geisler, M. & Kirschner, S. (2019). Möglichkeiten und Herausforderungen der Förderung von Reflexivität in der Lehrerbildung. SEMINAR 25(1), 49-60.

Weißbach, A. & Kulgemeyer, C. (2022). Reflexion von Physikunterricht - ein Online-Assessment mit Feedback. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 203–210.

Weißbach, A. & Kulgemeyer, C. (2023). Reflexion von Physikunterricht: Ein Online-Assessment mit Feedback. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Aachen 2022 (Bd. 43). Duisburg-Essen: Universität Duisburg-Essen, 993-996.

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann.

Vanessa Fischer[1]
Susanne Gerlach[1]
Helena van Vorst[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Student-Peer-Reviewing zur fachdidaktischen Reflexion im Lehramtsstudium

Theoretischer Hintergrund und Motivation

Für eine systematisierte Beobachtung und strukturierte Auswertung von Experimenten werden in den Naturwissenschaften Protokolle eingesetzt (Kraus & Stehlik, 2008). Protokolle bilden zudem einen wichtigen Bestandteil naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Fischer et al., 2003). Das Versuchsprotokoll als zentraler Lerngegenstand der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer stellt auch Studierende im Rahmen ihrer Chemielehrkräfteausbildung vor Herausforderungen (Bayrak, 2020). Vor diesem Hintergrund müssen angehende Lehrkräfte im Fach Chemie die Fachmethode des Protokollierens trainieren.

Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass Lehramtsstudierende im Fachbereich Didaktik der Chemie Versuchsprotokolle in einigen Bereichen nicht adäquat verfassen (Rautenstrauch, 2017; Bayrak, 2020). Insbesondere sind schriftsprachliche Aspekte, mangelnde Vollständigkeit der Protokolle, eine sinnvolle Gliederung der Inhalte sowie eine präzise, fachsprachlich ausgereift und korrekte Formulierung Fallstricke für die Erstellung der Protokolle im Hochschulstudium angehender Chemielehrkräfte (Bayrak, 2020).

Diese ersten empirischen Erkenntnisse decken sich mit Erfahrungen aus der universitären Praxis: Die Protokolle der Studierenden in fachdidaktischen Laborpraktika zeigen in vielen Fällen eine nicht hinreichende Qualität, vor allem im Hinblick auf die Reflexion fachdidaktischer Aspekte, die mit Schulexperimenten adressiert werden sollen.

Im Rahmen des vorgestellten Projekts wurde zur Verbesserung der Qualität der erstellten Protokolle in der Chemielehrkräfteausbildung ein digitales Student-Peer-Reviewing eingesetzt, bei dem sich die Studierenden gegenseitig eine Rückmeldung auf Grundlage fachlicher und fachdidaktischer Bewertungskriterien geben, bevor sie die Protokolle bei den Dozierenden zur Bewertung abgeben.

Das Peer-Review-Verfahren stellt eine Möglichkeit dar, bei dem eine schriftliche Arbeit durch eine weitere Person (Peer) bewertet wird. Erste Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass sich diese Methode zur Verbesserung des studentischen Lernens eignet (Nicol et al., 2014). Sowohl die Erstellung als auch der Erhalt von Feedback-Bewertungen tragen zur Verbesserung des Lernens bei, ohne dabei die Arbeitsbelastung der Lehrenden zu erhöhen. Wichtig für den gesamten Prozess ist, dass für alle am Feedback beteiligten Personen das Feedback angeleitet werden muss, da so Selbstregulationsprozesse bei der Entstehung und Rezeption des Feedbacks aktiviert werden können (Haag & Götz, 2019). Dabei sollte das Feedback auf Grundlage von Fakten, Beobachtungen und klaren, vorgegebenen Kriterien geäußert werden, um es für den Empfänger hilfreich und verständlich zu machen (Dainton, 2018). Die Formen von konstruktivem Feedback können sowohl in mündlicher und/oder schriftlicher erfolgen, in Form von Rückmeldungen, Evaluierungen und Diskussionen (Buhren, 2015). Sowohl positive als auch negative Formen der Rückmeldung sind dabei möglich, wobei positives Feedback die Stärken und Erfolge einer Person betont und negatives Feedback auf Bereiche hinweist, die verbessert werden können (Dainton, 2018). Konstruktives Feedback ist dann gegeben, wenn es so formuliert ist, dass es eine positive Veränderung herbeiführt und nicht nur Kritik oder negative Bewertungen enthält (Buhren, 2015).

Im Zusammenhang mit dem Erhalt von Feedback-Bewertungen durch Peers wurden eine Reihe von Lernvorteilen festgestellt. Dabei zeigt sich, dass Feedback, das von Gleichaltrigen erhalten wird, als verständlicher und hilfreicher empfunden wird als das Feedback eines Lehrenden (Topping, 1998; Falchikov, 2005). Auch ist es von Vorteil, wenn mehrere Peers beteiligt sind, da die Menge und Vielfalt des Feedbacks dadurch erhöht wird (Topping, 1998). Cho und MacArthur (2010) konnten zeigen, dass bei Studierenden, die Feedback von mehreren Peers erhielten, sich die Qualität der Arbeit stärker verbessert, im Gegensatz zu einem Feedback von einem einzelnen Peer oder einer einzelnen Lehrkraft.

Ziel der Studie

Die aus der Forschung identifizierten Vorteile des Feedbacks in einem Peer-Review Verfahren in der studentischen Ausbildung führen zu dem Ziel des vorgestellten Projekts: Durch die Einführung eines digitalen Peer-Review Verfahrens in der Chemielehrkräfteausbildung an der Universität Duisburg-Essen soll die fachdidaktische Reflexion von Studierenden im Zusammenhang mit Experimenten für den Chemieunterricht verbessert werden. Dabei werden die Protokolle hinsichtlich der Veränderung vor und nach dem Peer-Review miteinander verglichen.

Studiendesign

Die Studie wurde im Wintersemester 21/22 in der Lehrveranstaltung Fachdidaktik II (5. Fachsemester, Bachelor, Seminar und Praktikum) an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. Die Studierenden (N = 31) erwerben im Seminar fachdidaktische Kompetenzen für den Chemieunterricht. Im Praktikum werden klassische Schulexperimente zu einem Inhaltsfeld aus einem der Kernlehrpläne für das Fach Chemie in NRW recherchiert, im Labor selbstständig durchgeführt und gegebenenfalls hinsichtlich des Einsatzes im Unterrichtszusammenhang optimiert. Anschließend verschriftlichen die Studierenden ihre didaktische Analyse zusammen mit einem klassischen Versuchsprotokoll zur fachlichen Auswertung der Experimente. Das daraus entstandene Protokoll besteht daher aus einem *fachlichen* und einem *fachdidaktischen* Teil. Letzterer ist gekennzeichnet durch die Bereiche *Einordnung des Experiments in den Lehrplan*, eine *konkrete fachdidaktische Analyse* des Experiments im Unterrichtszusammenhang (z. B. Themen- und Kompetenzformulierung, Funktion und Art des Experiments, Beschreibung des erforderlichen Vorwissens der Lernenden), die *Auswertung des Experiments im Unterrichtszusammenhang* (Tafelbild, Arbeitsblatt, o. ä.) und einer *Reflexion* über die Eignung des Experiments nach der Durchführung im Praktikum. Als Qualitätskriterium wird dabei neben einer korrekten didaktischen Einordnung des Experiments auch die Formulierung nachvollziehbarer und schlüssiger Begründungen für die getroffenen didaktischen Entscheidungen angesehen.

Nach der Erstellung der Protokolle werden diese digital einem Mitstudierenden für das Peer-Review zur Verfügung gestellt. Das Review wird mithilfe eines standardisierten Korrekturbogens und Anmerkungen in dem Protokoll innerhalb einer Woche durchgeführt und dem Verfasser/der Verfasserin des Protokolls zurückgesendet. Im Anschluss haben die Studierenden die Möglichkeit, ihre Protokolle erneut zu bearbeiten und die Anmerkungen ihrer Mitstudierenden einzupflegen. Die finale Abgabe erfolgt am Ende der Veranstaltung bei dem jeweiligen Dozierenden.

Insgesamt wurden 310 Protokolle in die Analyse einbezogen. Zur qualitativen Analyse der Protokolle vor (pre) und nach (post) dem Peer-Reviews wurde ein Kodiermanual erstellt, dass sich an dem Korrekturbogen orientiert (Intercoder-Übereinstimmung: pre 96.30 %; post

94.39 %). Das abgegebene Feedback wurde zudem mithilfe eines weiteren Kodiermanuals qualitativ analysiert. Dieses Kodiermanual wurde in Anlehnung an Nowak et al. (2019) entwickelt (Intercoder-Übereinstimmung: 94.17 %).

Ergebnisse und Diskussion

Zur Überprüfung, inwieweit sich die Qualität der Protokolle vor und nach dem Peer-Review verändert hat, wurde die Anzahl der vergebenen Codes in den Kodierungen mithilfe von t-Tests vergleichen.

Im *fachlichen Teil* ist zu erkennen, dass im Mittel die Anzahl der vergebenen Codes vor und nach der Intervention sich nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p = .828$). Die Studierenden zeigen dort im Mittel keine Verbesserung der Qualität der Protokolle nach dem Erhalt des Peer-Reviews. Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich aber, dass die erhaltene Punktzahl zum pre-Zeitpunkt bereits sehr hoch ist ($M = 21.00$; $Max = 27$). Die Studierenden haben im Mittel demnach bereits zu Beginn ein Protokoll mit einer hohen Qualität im fachlichen Teil erreicht, sodass das Feedback der Mitstudierenden zu keiner Verbesserung mehr führte.

Im *fachdidaktischen Teil* ist zu erkennen, dass sich auch hier im Mittel die Anzahl der vergebenen Codes vor und nach der Intervention nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p = .450$). Jedoch zeigt sich, dass die erhaltene Punktzahl zum pre-Zeitpunkt relativ niedrig ist ($M = 22.64$; $Max = 38$), anders als im fachlichen Teil des Protokolls. Ein genauerer Blick auf die Ergebnisse zu den einzelnen Teilabschnitten der fachdidaktischen Auswertung lassen jedoch Veränderungen erkennen: Während die *Auswertung des Experiments im Unterrichtszusammenhang* keinen signifikanten Unterschied zwischen den vergebenen Codes vor und nach der Intervention aufzeigt ($p = .909$), lassen sich in den Teilbereichen *konkrete fachdidaktische Analyse* ($p = .004$) und *Reflexion* ($p < .001$) signifikante Unterschiede finden. Die Anzahl der vergebenen Codes ist nach dem Peer-Review höher als zum pre-Zeitpunkt. Die Studierenden ändern demnach nach dem Peer-Review ihre schriftliche Argumentation in diesen Teilbereichen so, dass es zu einer Qualitätsverbesserung führt. Inwiefern das auf das erhaltene Feedback zurückzuführen ist, kann an dieser Stelle nicht eindeutig gesagt werden. Denkbar ist auch, dass die Auseinandersetzung mit den Protokollen der anderen Studierenden, denen ein Peer-Review gegeben werden musste, zu einer Änderung in den eigenen Protokollen ebenfalls beigetrug. Daher ist eine qualitative Analyse der Daten für weitere Interpretationen nötig. Die *Einordnung des Experiments in den Lehrplan* verändert sich nach der Intervention dahingehend, dass die erreichte Punktzahl nach der Intervention signifikant geringer ist als vorher ($p < .001$). Die Studierenden ändern nach der Intervention ihre schriftliche Argumentation zur Einordnung des Experiments in den Lehrplan im Mittel zum schlechteren. Dies muss nicht zwingend auf die Intervention zurückzuführen sein, jedoch lässt sich annehmen, dass das Feedback, dass die Studierenden in diesem Teil erhalten haben, nicht zur Qualitätsverbesserung beiträgt. Auch hier ist eine tiefergehende Analyse der qualitativen Daten notwendig, um zu verstehen, inwiefern das Feedback zu einer Verschlechterung beigetragen hat.

Zusammengefasst lässt sich zeigen, dass Studierende in der fachdidaktischen Analyse, im speziellen in der konkreten fachdidaktischen Analyse im Unterrichtszusammenhang und der Reflexion der Experimente, durch das Student-Peer-Reviewing profitieren, während sich im Mittel die fachliche Auswertung der Experimente durch die Rückmeldung der Mitstudierenden nicht verändert.

Ausblick

Die durch das Projekt erhaltenen Daten liefern neben den beschriebenen quantitativen Daten weitere qualitative Daten zum erstellten Feedback der Studierenden. Diese werden in einem nächsten Schritt inhaltsanalytisch ausgewertet und der Einfluss der Qualität des Feedbacks auf die Veränderung der Protokolle analysiert.

Literatur

Bayrak, C. (2020). Vom Experiment zum Protokoll: Versuchsprotokolle schreiben lernen und lehren. Waxmann

Buhren (2015). Handbuch Feedback in der Schule. Beltz.

Cho, K., & MacArthur, C. (2010). Student revision with peer and expert reviewing. Learning and instruction, 20(4), 328-338.

Dainton (2018). Feedback in der Hochschullehre. Utb.

Falchikov, N. (2005). Improving Assessment through Student Involvement: Practical Solutions for Aiding Learning in Higher and Further Education. Routledge.

Fischer, H. E.; Klemm, K.; Leutner, D.; Sumfleth, E.; Tiemann, R.; Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 9, S. 179–209.

Haag, L. & Götz, T. (2019). Was wissen wir über Feedback? : Synopse des aktuellen Forschungsstandes. Busse, V; Bloch, R.; Haag, L.; Wernke, S. Wisniewski, B & Zierer, K.: Friedrich Jahresheft. 37, 14-17.

Kraus, M. & Stehlik, S. (2018). Protokolle schreiben. Anregungen zur Auseinandersetzung mit einer problematischen Textsorte. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 104, 17-23.

Nicol, D., Thomson, A., & Breslin, C. (2014). Rethinking feedback practices in higher education: a peer review perspective, Assessment & Evaluation in Higher Education, 39 (1), 102-122,

Nowak, A.; Kempin, M.; Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP Tagungsband (39) zur 45. Jahrestagung, 2018 in Kiel. nbn:de:0111-pedocs-167538

Rautenstrauch, H. (2017). Erhebung des (Fach-)Sprachstandes Bei Lehramtsstudierenden Im Kontext des Faches Chemie. Berlin: Logos Verlag Berlin.

Topping, K. (1998). Peer Assessment Between Students in Colleges and Universities. Review of Educational Research, 68(3), 249-276.

Philipp Spitzer[1] [1]Universität Graz

Wissenschaftskommunikation im Kontext Schule und Social Media

Wissenschaftskommunikation, also die Kommunikation von wissenschaftlichen Inhalten an Laien, ist ein wichtiger Aspekt wissenschaftlichen Handelns geworden. Das Verständnis von Wissenschaft trägt zu einer Teilhabe an der Gesellschaft bei, ist Voraussetzung dafür, fundierte Entscheidungen zu treffen (Davies & Horst, 2016) und sorgt für ein größeres Vertrauen in die Wissenschaft (Bromme, 2020). Das Interesse an der Wissenschaft ist in der Gesamtbevölkerung durch die Coronapandemie signifikant gestiegen und auch nach einem leichten Rückgang immer noch höher als vor der Pandemie (Wissenschaft im Dialog/Kantar, 2020a, 2020b). Problematisch ist hier nach dem letzten Eurobarometer aber die Situation in Österreich, wo Wissenschaft tendenziell immer noch als "elitär" angesehen wird, und aus Sicht der Befragten im Alltag nicht relevant ist (European Commission, 2021).
Social Media wird aktuell von Wissenschaftskommunikator:innen als neue Plattform für Wissenschaftskommunikation gesehen und benutzt (Könneker, 2020). Dabei erreicht Wissenschaftskommunikation jedoch längst nicht alle Bevölkerungsgruppen, wie zum Beispiel Jugendliche (Schrögel et al., 2018). Über die Bedürfnisse dieser Zielgruppe ist ebenfalls nur wenig bekannt und Wissenschaftskommunikation im naturwissenschaftlichen Unterricht nur selten Thema (Spitzer, in Vorbereitung).

Das Projekt „We Talk About Science"

Im Rahmen des Sparkling-Science-Projekts „We Talk About Science" sollen Schüler:innen dazu ermächtigt werden, selbst Kompetenzen im Bereich der Kommunikation wissenschaftlicher Inhalte aufzubauen. Mit einem Citizen Science-Ansatz wird das Verständnis von wissenschaftlicher Kommunikation von Schüler:innen sowie deren Kommunikation über naturwissenschaftliche Themen in den Vordergrund gerückt. Das Projekt verbindet die Gruppen der Wissenschaftskommunikator:innen, Lehramtsstudierenden und Lernenden. Untersucht wird, ob Schüler:innen die Kommunikation über Wissenschaft verstehen (im Sinn von Metawissen), welche Fragen sie sich stellen (inhaltlich und zur Relevanz) und welche fachlichen Grundlagen sie benötigen um die Beiträge verstehen und einordnen zu können. Ebenso untersucht wird die Zielgruppe, mit der Schüler:innen über wissenschaftliche Themen reden.

Bewertung von Wissenschaftskommunikation auf Social Media durch Lernende

Als Teil des Projekts wurde die Wahrnehmung von Produkten der Wissenschaftskommunikation durch Schüler:innen auf Social Media untersucht. Im Rahmen des österreichweiten Wettbewerbs „Citizen Science Award 2023" wurden Schulklassen dazu aufgerufen, ihren Konsum von Produkten der Wissenschaftskommunikation auf Social Media zu protokollieren und die Beiträge auch zu bewerten. Die Ergebnisse werden unter folgenden Gesichtspunkten ausgewertet:

Fokus 1: Wahrnehmung von wissenschaftlicher Kommunikation auf Social Media (Instagram, YouTube, TikTok, Internet, …) durch Schüler:innen.

Fokus 2: Bewertung von Produkten der Wissenschaftskommunikation durch Schüler:innen hinsichtlich Glaubhaftigkeit, Interesse, fachlicher Richtigkeit, Wissenschaftlichkeit, Vertrauenswürdigkeit und Ansprache.

Im Rahmen der Untersuchung wurde den Schüler:innen bewusst keine Definition von Wissenschaftskommunikation vorgegeben. Die Ergebnisse können daher auch einen Einblick in das Verständnis von Wissenschaftskommunikation von Lernenden geben.

Ergebnisse

Am Wettbewerb nahmen insgesamt 21 Schulklassen von 13 verschiedenen Schulen verschiedener Schultypen in Österreich teil. Die Schüler:innen hatten von April bis Juli 2023 Zeit, die Beiträge auf Social Media mittels eines kurzen Onlinefragebogens (Rechercheprotokolls) zu erfassen. Erfragt wurden allgemeine Daten zum Beitrag (Link, Screenshot, Accountname, Plattform) sowie dessen Bewertung. Die Altersspanne der Schüler:innen liegt zwischen 12 und 17 Jahren. Nach Bereinigung der Daten (Löschung von unvollständigen Protokollen) ergibt sich eine Stichprobe von 3654 Protokollen (siehe Tabelle 1).

Tab.1: Anzahl der ausgewerteten Protokolle getrennt nach Geschlecht.

Geschlecht	**N**	**%**
weiblich	2776	76,6
männlich	721	19,9
divers	127	3,5
Gesamt	**3654**	

Die Anzahl der angefertigten Protokolle im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen ist deutlich unterschiedlich, weshalb die Ergebnisse in weiteren Auswertungen auch getrennt nach Geschlecht betrachtet werden müssen. In diesem Beitrag werden nur erste ausgewählte Ergebnisse der Gesamtstichprobe berichtet.
Tabelle 2 zeigt eine Aufschlüsselung der angefertigten Protokolle nach Plattform.

Tab. 2: Protokolle aufgeschlüsselt nach Plattform.

Social Media		**N**	**%**
Instagram		1130	30,9
TikTok		1087	29,7
YouTube		1018	27,9
	Videos	909 (89,3%)	
	Shorts	109 (10,7 %)	
Telegram		9	0,2
Facebook		32	0,9
Twitter (X)/Mastadon		51	1,4
Internetforum		55	1,5
Sonstiges		272	7,4
Gesamt		**3654**	

Die Protokolle zu Beiträgen auf den Plattformen Instagram, TikTok und YouTube machen dabei jeweils fast ein Drittel aller Beiträge aus. Beiträge auf Telegram, X (ehemals Twitter), in Internetforen oder sonstigen Quellen machen nur einen geringen Anteil der vollständigen Protokolle aus. Aus diesem Grund werden die nachfolgenden Auswertungen nur für die

Plattformen Instagram, TikTok und YouTube berichtet. Abbildung 1 zeigt die Bewertung der Beiträge aufgeschlüsselt nach den Plattformen Instagram, TikTok und YouTube.

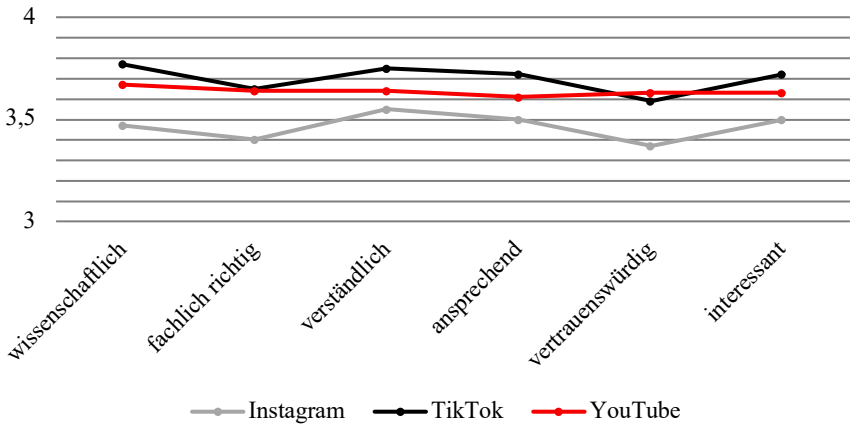


Abb. 1: Darstellungen der Einschätzungen und Bewertungen der Beiträge (viertstufige Likert-Skala von 1: stimme überhaupt nicht zu bis 4: stimme voll zu).

Deutlich erkennbar ist die unterschiedliche Bewertung der Beiträge je nach Plattform. Für die gesamte Stichprobe ist jedoch zu beachten, dass sich nur die Bewertungen in Bezug auf die Adjektive wissenschaftlich ($F(7,106.16) = 19.53$, $p < .001$) und interessant ($F(7,106.53) = 13.24$, $p < .001$) signifikant im Vergleich der Plattformen unterscheiden. Hierzu wurde aufgrund der nicht homogenen Verteilung der Varianzen eine Welch-ANOVA gerechnet. Die Beiträge auf der Plattform TikTok werden dabei signifikant positiver in Bezug auf die Beschreibung „wissenschaftlich“ und „interessant“ bewertet. Beiträge auf Instagram werden diesbezüglich signifikant am schlechtesten bewertet. Die Darstellung zeigt jedoch auch, dass im Durchschnitt die Beiträge insgesamt sehr positiv bewertet werden. So liegt keiner der Mittelwerte unter dem Skalenmittel von 2,5.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen einen klaren Trend der Nutzung von Instagram, TikTok und YouTube als Quellen für Beiträge zur Wissenschaftskommunikation. Es ist bei den Angaben davon auszugehen, dass die Schüler:innen im Wesentlichen Beiträge auf den von Ihnen typischerweise genutzten Plattformen protokolliert haben. X (ehem. Twitter) oder Telegram spielen keine nennenswerte Rolle. Hinsichtlich der Bewertung werden Beiträge auf TikTok von den Jugendlichen in Teilen signifikant am positivsten bewertet. Insgesamt zeigt sich jedoch eine im Schnitt sehr positive Bewertung aller Beiträge. Dies lässt möglicherweise auf eine zu geringe Bewertungskompetenz der Schüler:innen in Bezug auf Wissenschaftskommunikation schließen. Die stark unterschiedliche Verteilung von Beiträgen von Schülerinnen und Schülern in der Stichprobe erfordert im weiteren Verlauf auch die geschlechtergetrennte Auswertung der Ergebnisse. Die Auswertungen mit Einbezug der inhaltlichen Aspekte der Beiträge folgt. Hier sollen zum einen relevante Themen betrachtet werden, zum anderen aber auch das Verständnis von Wissenschaftskommunikation. Nach ersten Auswertungen scheint das Verständnis von Wissenschaftskommunikation eher auf der Vermittlung von inhaltlichen Fakten zu beruhen.

Literatur:

Bromme, R. (2020). Informiertes Vertrauen: Eine psychologische Perspektive auf Vertrauen in Wissenschaft. In M. Jungert, A. Frewer, & E. Mayr (Hrsg.), Wissenschaftsreflexion. Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis (S. 105–134). Mentis.

Davies, S. R., & Horst, M. (2016). Science communication: Culture, identity and citizenship. Palgrave Macmillan.

European Commission. (2021). Kenntnisse und Einstellungen der europäischen Bürgerinnen und Bürger zu Wissenschaft und Technologie: Bericht. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2775/844093

Könneker, C. (2020). Wissenschaftskommunikation und Social Media: Neue Akteure, Polarisierung und Vertrauen. In J. Schnurr & A. Mäder (Hrsg.), Wissenschaft und Gesellschaft: Ein vertrauensvoller Dialog (S. 25–47). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59466-7_3

Schrögel, P., Humm, C., Leßmöllmann, A., Kremer, B., Adler, J., & Weißkopf, M. (2018). Nicht erreichte Zielgruppen in der Wissenschaftskommunikation: Literatur-Review zu Exklusionsfaktoren und Analyse von Fallbeispielen. Wissenschaft im Dialog gGmbH.

Wissenschaft im Dialog/Kantar. (2020a). Wissenschaftsbarometer 2020. https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wissenschaftsbarometer/wissenschaftsbarometer-2020/

Wissenschaft im Dialog/Kantar. (2020b). Wissenschaftsbarometer Corona Spezial. https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wissenschaftsbarometer/wissenschaftsbarometer-corona-spezial/

Dennis Dietz[1]
Arne Petter[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Strategien zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit von Online-Quellen

Ausgangspunkt und Theorie

Deutsche Jugendliche sind durchschnittlich 63,7 Stunden in der Woche im Internet (Postbank Jugend-Digitalstudie, 2023). Zweifelsohne stellt das Internet damit eine bedeutsame Informationsquelle für Jugendliche dar. Allerdings trauen sich nur wenige Jugendliche zu, kompetent mit Desinformation im Internet umgehen zu können (Paus & Börsch-Supan, 2020). Daher ist es konsequent und zeitgemäß, dass das Einschätzen der Glaubwürdigkeit von Quellen Einzug in die nationalen Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife aller naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer gefunden hat (KMK, 2020a–c).

Grundsätzlich nutzen Menschen Heuristiken für Glaubwürdigkeitseinschätzungen im Internet (u.a. Metzger et al., 2010). Heuristiken sind *„einfache Regeln im adaptiven Werkzeugkasten des Geistes, um Entscheidungen mit realistischen mentalen Ressourcen zu treffen“* (Todd & Gigerenzer, 2000, S. 727, übers. d. A.). Besonders häufig betrachten Menschen die Ästhetik einer Webseite, um eine Entscheidung bzgl. der Glaubwürdigkeit der dargelegten Informationen zu treffen (u.a. Fogg et al., 2003; Hilligos & Rieh, 2008). Weiterhin wird auf die Reputation des Autors der Quelle geachtet (u.a. Fogg et al., 2003; Metzger et al., 2010; Choi & Stvilia, 2015) oder auch auf Empfehlungen von Organisationen zurückgegriffen (u.a. Hilligoss & Rieh, 2008; Metzger et al., 2010). Eine weitere Heuristik stellt das Prüfen einer Überzeugungsabsicht des Autors dar (u.a. Scholz-Crane, 1998; Fogg et al., 2003; Metzger et al., 2010; Barzilai & Zohar, 2012). Lediglich vereinzelt ist zu beobachten, dass die Evidenz (u.a. Hilligoss & Rieh, 2008; Barzilai & Zohar, 2012), die Konsistenz (u.a. Metzger et al., 2010) und die Aktualität (u.a. Scholz-Crane, 1998) der dargelegten Informationen geprüft werden. Außerdem ist bekannt, dass eine fehlende Passung zwischen dargebotenen Informationen und dem Vorwissen der Recherchierenden zu einer Ablehnung einer Quelle führen kann (Metzger et al., 2010).

Die hier dargelegten Heuristiken sind unterschiedlich geeignet, um die Glaubwürdigkeit einer Quelle adäquat einschätzen zu können (Wineburg et al., 2022, S. 894). Um ein effizientes Vorgehen zur Gewinnung glaubwürdiger Informationen im Internet identifizieren zu können, haben Wineburg und McGrew (2019) professionelle Faktenchecker bei ihrer Arbeit begleitet: Professionelle Faktenchecker besitzen grundlegende Kenntnisse über die Rahmenbedingungen zur Veröffentlichung von Informationen im Internet, über die Funktionsweise von Suchmaschinen und über einfache Manipulationsstrategien von Anbietern (Wineburg et al., 2022, S. 897). Um sich zeitökonomisch einen Überblick über die Vielzahl an Quellen zu verschaffen, wenden professionelle Faktenchecker verschiedene Strategien an. Eine besonders effektive Strategie stellt das *„click restraint“* dar. Darunter versteht man, dass der Suchende dem *„Drang“* widersteht, spontan die ersten Suchergebnisse anzuklicken, die eine Suchmaschine zur Verfügung stellt (Wineburg et al., 2022, S. 897). Um die Glaubwürdigkeit der auf der Webseite dargelegten Informationen beurteilen zu können, wenden professionelle

Faktenchecker außerdem die Technik des *„lateral reading“* an. *„Lateral reading“* bezeichnet das Verlassen unbekannter Webseiten, um in weiteren Tabs drei Fragen zu klären: Wer steckt hinter der Information? Was ist die Evidenz? Was sagen andere Quellen? (McGrew et al., 2018, S. 168; Wineburg et al., 2022, S. 897; beides übers. d. A.).

Angehende Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung, Kompetenzen der Schüler*innen zur Recherche glaubwürdiger Informationen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit angehende Lehrkräfte überhaupt in der Lage sind, die Glaubwürdigkeit von Online-Informationen zutreffend zu prüfen. Konkret gehen wir daher den folgenden Forschungsfragen nach:

1. *Wie gehen angehende Lehrkräfte mit Fach Chemie vor, wenn Sie Informationen zu einer naturwissenschaftlichen Fragestellung im Internet recherchieren und inwieweit deckt sich dieses Vorgehen mit Empfehlungen von professionellen Faktencheckern?*
2. *Wie gehen angehende Lehrkräfte mit Fach Chemie vor, um die Glaubwürdigkeit von Informationen aus Online-Quellen einzuschätzen und inwieweit deckt sich dieses Vorgehen mit dem von professionellen Faktencheckern?*

Design und Methode

Zur Beantwortung unserer Forschungsfragen haben wir Studierende des Masterstudiengangs Chemie-Lehramt bei einer offenen, ca. dreißigminütigen Internetrecherche zu der Fragestellung videographiert, ob der Gebrauch von E-Zigaretten im Vergleich zum Konsum herkömmlicher Tabakzigaretten eine *„gesündere“* Alternative darstellt. In Anlehnung an Barzilai und Zohar (2012) haben wir die Studierenden ihre Gedanken während der Recherche laut aussprechen lassen und sie außerdem direkt nach ihrer Recherche retrospektiv interviewt. Wir haben uns für dieses methodische Vorgehen entschieden, da bekannt ist, dass Menschen zum Teil durchaus andere Recherchestrategien und andere Heuristiken zur Einschätzung der Glaubwürdigkeit recherchierter Quellen benennen als sie in einer konkreten Recherchesituation nutzen (Walraven et al., 2009, S. 243). Die Fragestellung zu den Gesundheitsgefahren von E-Zigaretten haben wir gewählt, um die Studierenden möglichst aufgrund der Aktualität dieses Kontextes (Kotz et al., 2022) zu einer umfassenden Recherche zu motivieren. Die Transkripte zum lauten Denken und zum retrospektiven Interview wurden qualitativ-inhaltsanalytisch mit einem eigens entwickelten Kategoriensystem zur Rekonstruktion von Glaubwürdigkeitsentscheidungen bzgl. Online-Informationen untersucht (Dietz et al., in Arbeit). Die Kategorien hierfür haben wir hauptsächlich deduktiv im Zuge umfassender Literaturrecherchen (s. Ausgangspunkt und Theorie) gebildet. Die Eignung unseres Kategoriensystems wurde mit Hilfe von Interraterreliabilitätsanalysen festgestellt (Cohen’s Kappa $\kappa = 0{,}90$, nach Altman (1991) als *„sehr gut“* zu interpretieren).

Ausgewählte Ergebnisse

Im Sommersemester 2023 haben 25 Lehramtsstudierende (männlich: 14, weiblich: 11, Durchschnittsalter: 26,7 ± 4,5) die im vorherigen Abschnitt beschriebene Aufgabe bearbeitet. Die Studierenden haben im Mittel 28,9 der insgesamt 30 anvisierten Minuten recherchiert.

Während ihrer Recherche haben sie durchschnittlich ca. neun Webseiten aufgerufen ($M = 8{,}9 \pm 3{,}8$). Auffällig ist, dass 63 % der Webseiten unter den ersten drei Suchmaschinenergebnissen aufzufinden waren und nur in Ausnahmefällen Webseiten ausgewählt wurden, die nicht auf der ersten Seite der jeweiligen Suchmaschinenergebnisse angezeigt wurden.

Im Mittel konnten wir ca. fünf Glaubwürdigkeitseinschätzungen pro Studierenden rekonstruieren (M = 5,3 ± 2,5). Dieser Mittelwert fällt etwas kleiner aus als der Wert, den wir für die durchschnittliche Anzahl besuchter Webseiten ermittelt haben, da wir Glaubwürdigkeitseinschätzungen nur dann als solche identifiziert haben, wenn die Lehramtsstudierenden die Webseiten für ihre Recherchen genutzt haben und die Rekonstruktion aus den Aussagen der Lehramtsstudierenden eindeutig möglich war. Bei der Rekonstruktion der Glaubwürdigkeitsbewertung einer Webseite konnten wir beobachten, dass sich die Teilnehmenden häufig auf mehr als eine Heuristik für die Bewertung der Glaubwürdigkeit einer einzelnen Webseite stützten. Durchschnittlich verwendeten die Studierenden ca. acht Heuristiken pro Recherche (M = 8,4 ± 4,2, N_{ges} = 209). Heuristiken, die mind. 20 % der Studierenden wenigstens einmal nutzten, sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Heuristik	Kategorie	Anzahl N_1 (von 209 Analyseeinheiten)	Anzahl N_2 (von 25 Studierenden)
Reputation	R1: angenommene Expertise	40	19
	R2: eigene Erfahrung	31	16
Überzeugungs-absicht	Ü1: Autor	37	20
	Ü2: Webseitenname	23	16
Evidenz	Ev1: Quellenangaben	17	11
Empfehlung	Em4: Suchmaschinenergebnis	14	9
Aktualität	Ak1: Zeitstempel	9	7
Ästhetik	Ä1: professionelles Design	7	6

Tab. 1. Ausgewählte Ergebnisse zu den von den angehenden Lehrkräften mit Fach Chemie angewandten Heuristiken zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit von Online-Quellen

Die Studierenden haben hauptsächlich die Reputations- und die Überzeugungsabsichts-heuristik genutzt, um Glaubwürdigkeitsentscheidungen zu treffen. 63 % aller Kodierungen fallen auf die Kategorien R1, R2, Ü1 und Ü2, die diesen beiden Heuristiken zuzuordnen sind (s. N_1 in Tab. 1). Vergleichsweise selten haben die Studierenden Argumente genannt, die der Evidenzheuristik zuzuordnen sind. So hat weniger als die Hälfte der Studierenden mindestens einmal mit der Angabe von Quellen argumentiert (s. N_2(Ev1) in Tab. 1). Noch weniger Studierende – lediglich zwei von 25 – haben wenigstens einmal aktiv die Konsistenz einer Information von einer Webseite auf einer weiteren Webseite überprüft. Für immerhin 36 % der Studierenden stellt dagegen die Position der ausgewählten Webseite auf der Ergebnisseite der Suchmaschine ein glaubwürdigkeitserzeugendes Merkmal dar (s. N_2(Em4) in Tab. 1).

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Im Vergleich zum Vorgehen professioneller Faktenchecker ist festzuhalten, dass die Studierenden weder die Technik des *„click restraint“* noch die des *„lateral reading“* während ihrer Recherchen angewendet haben. Trotz kritischer Berücksichtigung des unklaren Einflusses des Kontextes der Fragestellung (s. hierzu auch Hilligoss & Rieh, 2008) und der Stichprobengröße liefert unsere Untersuchung erste Hinweise darauf, dass angehende Lehrkräfte mit Fach Chemie nicht mit professionellen Vorgehensweisen vertraut sind, die für zielführende Recherchen von glaubwürdigen Informationen in Online-Quellen zu empfehlen sind. Zurzeit arbeiten wir daran, Fragestellungen in anderen naturwissenschaftlichen Kontexten zu erproben. Außerdem entwickeln wir gegenwärtig eine Unterrichtsreihe, die das Ziel verfolgt, Strategien professioneller Faktenchecker zur Recherche von Online-Informationen anhand klassischer chemischer Fachinhalte zu vermitteln.

Literatur

Altman, D. G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research.* Chapman and Hall.

Barzilai, S., & Zohar, A. (2012). Epistemic Thinking in Action: Evaluating and Integrating Online Sources. *Cognition and Instruction, 30(1),* 39-85.

Choi, W., & Stvilia, B. (2015). Web Credibility Assessment: Conceptualization, Operationalization, Variability, and Models. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 66(12),* 2399–2414.

Dietz, D., Petter, A., & Bolte, C. (in Arbeit). *Strategien zur Recherche von glaubwürdigen Informationen in Online-Quellen von angehenden Lehrkräften mit Fach Chemie.*

Fogg, B. J., Soohoo, C., Danielson, D. R., Marable, L., Stanford, J., & Tauber, E. R. (2003). How do users evaluate the credibility of websites? A study with over 2,500 participants. *DUX '03: Proceedings of the 2003 Conference on Designing for User Experiences* (S. 1–15).

Hilligoss, B., & Rieh, S. Y. (2008). Developing a unifying framework of credibility assessment: Construct, heuristics, and interaction in context. *Information Processing and Management, 44(4),* 1467–1484.

KMK: Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020a). Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife.

KMK: Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020b). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife.

KMK: Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020c). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife.

Kotz, D., Acar, Z., & Klosterhalfen, S. (2022). *Konsum von Tabak und E-Zigaretten bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Deutsche Befragung zum Raucherverhalten (DEBRA): Factsheet 09.* Verfügbar unter: https://www.debra-study.info/wp-content/uplo-ads/2022/12/Factsheet-09-v3.pdf

McGrew, S., Breakstone, J., Ortega, T., Smith, M., & Wineburg, S. (2018). Can Students Evaluate Online Sources? Learning From Assessments of Civic Online Reasoning. *Theory and Research in Social Education, 46(2),* 165-193.

Metzger, M. J., Flanagin, A. J., & Medders, R. B. (2010). Social and Heuristic Approaches to Credibility Evaluation Online. *Journal of Communication, 60(3),* 413-439.

Paus, I., & Börsch-Supan, J. (2020). *Die Jugend in der Infodemie: Eine repräsentative Befragung zum Umgang junger Menschen in Deutschland mit Falschnachrichten während der Coronakrise.* Vodafone Stiftung Studie. https://www.vodafone-stiftung.de/desinformation-jugend-coronakrise/

Postbank Jugend-Digitalstudie (2023). verfügbar unter: https://www.presseportal.de/pm/6586/5544327, letzter Zugriff: 28.06.23

Scholz-Crane, A. (1998). Evaluating The Future: A preliminary study of the process of how undergraduate students evaluate web sources. *Reference Services Review, 26(3/4),* 53-60.

Todd, P. M., & Gigerenzer, G. (2000). Précis of Simple heuristics that make us smart. *Behavioral and Brain Sciences, 23(5),* 727–741.

Walraven, A., Brand-Gruwel, S., & Boshuizen, H. P. A. (2009). How students evaluate information and sources when searching the World Wide Web for information. *Computers & Education, 52(1),* 234-246.

Wineburg, S., & McGrew, S. (2019). Lateral reading and the nature of expertise: Reading less and learning more when evaluating digital information. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education, 121(11),* 1–40.

Wineburg, S., Breakstone, J., McGrew, S., Smith, M. D., & Ortega, T. (2022). Lateral Reading on the Open Internet: A District-Wide Field Study in High School Government Classes. *Journal of Educational Psychology, 114(5),* 893–909.

Kasim Costan[1]
Melissa Costan[1]
Christoph Kulgemeyer[1]

[1]Universität Bremen

„Physikdidaktische Forschung interessiert mich Null“ – oder etwa doch? Einstellungen von Physiklehrkräften zu physikdidaktischer Forschung

Nach dem Vorbild der Medizin besteht im Bildungsbereich der Bedarf zur Evidenzbasierung. Demnach sollen Lehrkräfte wissenschaftliche Erkenntnisse als Grundlage für ihre unterrichtlichen Handlungen heranziehen (KMK, 2019). Jedoch zeigt sich, dass bei der Implementation fachdidaktischer Erkenntnisse in die Schulpraxis große Schwierigkeiten bestehen und sie bisher nur unzureichend gelingt (z. B. Altrichter & Wiesinger, 2004). Einen wichtigen Aspekt beim Verständnis des Implementationsproblems können auch Einstellungen von Lehrkräften zur fachdidaktischen Forschung darstellen: Einstellungen sind nach Baumert und Kunter (2006) Bestandteil der professionellen Kompetenz. Diese stellt wiederum eine notwendige Ressource für das Handeln von Lehrkräften dar. Neben der kognitiven Komponente der professionellen Kompetenz sind u. a. Werthaltungen und Überzeugungen und motivationale Orientierungen affektive Faktoren, die für das Handeln von Lehrpersonen von Bedeutung sind. Die Einstellungen von Lehrkräften gegenüber der fachdidaktischen Forschung lassen sich nach diesem Modell ihren Werthaltungen und Überzeugungen zuordnen und können somit beeinflussen, inwiefern Physiklehrkräfte Erkenntnisse der physikdidaktischen Forschung für ihren Unterricht berücksichtigen.

Anlage der Studie: Interview und anschließende quantitative Befragung

Die Sicht von Lehrkräften auf physikdidaktische Forschung ist bisher nur wenig erforscht und könnte dazu beitragen, die Hürden für eine nachhaltige und flächendeckende Implementation physikdidaktischer Forschungsergebnisse in die Unterrichtspraxis aufzudecken. Daher wurde zunächst in einer Interviewstudie untersucht, (1) welche *Einstellungen* Lehrkräfte gegenüber der Wissenschaft Physikdidaktik und welche *Erwartungen* sie hinsichtlich der Ziele physikdidaktischer Forschung besitzen. In einer anschließenden quantitativen Studie wurde geprüft, (2) welche der erhobenen Einstellungen und Erwartungen in einer größeren Stichprobe besonders hohe Zustimmung oder Ablehnung aufweisen, (3) ob Lehrpersonen wissenschaftsskeptisch gegenüber der Physikdidaktik eingestellt sind, und (4) ob sich die wissenschaftsskeptischen Einstellungen der Lehrkräfte in Abhängigkeit von bestimmten berufsbiographischen Variablen unterscheiden.

Die Interviewstudie war explorativ angelegt und integrierte 13 berufserfahrene Physiklehrkräfte. Die quantitative Befragung wurde mit 187 Physiklehrkräften aus Deutschland und Österreich durchgeführt. Um für die Interviewstudie ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Einstellungen und Erwartungen gegenüber der Physikdidaktik zu erfassen, wurde ein „purposeful sample“ gebildet. Neben grundständig ausgebildeten Physiklehrkräften ($N = 10$) wurden auch Personen mit einem Quer- oder Seiteneinstieg ($N = 3$) in den Lehrberuf befragt. Von den grundständig ausgebildeten Lehrkräften haben $N = 2$ Lehrkräfte eine Promotion in der Physikdidaktik abgeschlossen. Insgesamt unterrichten die befragten Lehrkräfte sowohl an Gymnasien ($N = 6$) als auch an nicht-gymnasialen Schulformen ($N = 7$). Die leitfadengestützten Interviews wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) ausgewertet und induktiv Kategorien zu den

Einstellungen und Erwartungen gebildet. Aus diesen Einstellungen und Erwartungen wurden Umfrageitems erstellt, bei denen die Lehrkräfte auf einer 4- bzw. 6-stufigen Likert-Skala zwischen „Stimme voll und ganz zu“ und „Stimme überhaupt nicht zu“ ihre Zustimmung bzw. Ablehnung ausdrücken konnten. Diese Werte wurden normiert und über alle Teilnehmenden gemittelt. Die Umfragestudie umfasst $N = 187$ Physiklehrkräfte aus Deutschland und Österreich mit $N = 158$ grundständig ausgebildeten Lehrkräften und $N = 29$ Quer- und Seiteneinsteigenden, $N = 123$ Gymnasiallehrkräften und $N = 64$ Lehrkräften nicht-gymnasialer Schulformen sowie $N = 16$ in der Physikdidaktik promovierten Lehrkräften und $N = 22$ Lehrkräften mit einer Promotion in einem anderen Bereich.

Teilstudie 1: Ergebnisse der explorativen Interviewstudie

In der Interviewstudie wurden folgende Einstellungen am häufigsten identifiziert:

- „Physikdidaktische Forschungsergebnisse lassen sich in der Unterrichtspraxis gar nicht umsetzen“ (11 von 13 Befragten konnten dieser Einstellung zugeordnet werden).
- „Durch die Praxis gewonnene Erfahrungen haben für die Unterrichtspraxis eine größere Bedeutung als physikdidaktische Forschungsergebnisse“ (11 von 13 Befragten).
- „Die physikdidaktische Forschung und die Schulpraxis arbeiten nicht gut zusammen“ (9 von 13 Befragten).
- „Die physikdidaktische Forschung spielt für die Unterrichtspraxis eine Rolle“ (8 von 13 Befragten).

Es zeigt sich, dass sowohl negative als auch positive Einstellungen der Physikdidaktik gegenüber vorkommen. Interessant ist, dass Lehrkräfte teilweise gegensätzliche Einstellungen gleichzeitig aufweisen: Neben der Praxistauglichkeit physikdidaktischer Forschungsergebnisse für den Unterricht wird zudem die Zusammenarbeit zwischen der Forschung und der Schulpraxis beanstandet. Auf der anderen Seite wird der Physikdidaktik eine wichtige Rolle für die Unterrichtspraxis zugeschrieben. Die Erhebung der Erwartungen hinsichtlich der Ziele der Physikdidaktik zeigt zudem, dass Lehrkräfte Erwartungen an die Physikdidaktik hegen, welche bereits erfüllt werden (z. B. Laumann et al., 2023), beispielsweise empirische Forschung an Schulen zu betreiben sowie der Wunsch nach Forschung rund um das Thema Interesse am Fach Physik bei Lernenden. Möglicherweise ist den Lehrkräften nicht bekannt, dass physikdidaktische Forschung an solchen Fragen arbeitet.

Teilstudie 2: Ergebnisse der quantitativen Befragung

Die folgenden in der Interviewstudie erhobenen Einstellungen haben in der Umfragestudie die höchste bzw. niedrigste Zustimmung erhalten (Skala von 0 bis 1, 1 volle Zustimmung):

- „Die physikdidaktische Forschung und die Schulpraxis arbeiten nicht gut zusammen, weil fachdidaktische Forschungsergebnisse nicht an Schulen ankommen“ ($M = 0{,}69; SD = 0{,}23$).
- „Auch physikdidaktische Grundlagenforschung, also Forschung ohne sofortige Anwendbarkeit in der Praxis, hat einen Selbstwert“ ($M = 0{,}68; SD = 0{,}24$).
- „Die physikdidaktische Forschung spielt für die Unterrichtspraxis eine wichtige Rolle, weil sie sich mit konkreten Schwierigkeiten aus dem Physikunterricht beschäftigt“ ($M = 0{,}68; SD = 0{,}25$).
- „Ich habe keinen Bedarf, meine bereits bestehenden Unterrichtspläne zu verändern“ ($M = 0{,}23; SD = 0{,}23$).
- „Ich habe den Anspruch, meinen Physikunterricht ohne Hilfe von außen zu planen“ ($M = 0{,}24; SD = 0{,}25$).

Wie sich zeigt, wird der physikdidaktischen Forschung sowohl als Grundlagenforschung als auch für die Unterrichtspraxis große Relevanz zugeschrieben. Jedoch wird die Zusammenarbeit zwischen fachdidaktischer Forschung und Schulpraxis in hohem Maße bemängelt; so kommen Forschungsergebnisse aus Sicht der Lehrkräfte nicht an Schulen an. An den Einstellungen, die nur wenig Zustimmung erhalten haben, lässt sich erkennen, dass bei Lehrkräften durchaus der Wille besteht, sich für den Unterricht mit physikdidaktischen Forschungsergebnissen auseinanderzusetzen.

Bei der Bewertung der Ziele physikdidaktischer Forschung durch die Lehrkräfte wurde der Verbesserung der universitären Lehramtsausbildung die höchste Relevanz ($M = 0{,}83; SD = 0{,}21$) zugeschrieben. Darüber hinaus wurden sowohl die Entwicklung eines zeitgemäßen Physikcurriculums ($M = 0{,}81; SD = 0{,}22$) als auch die Forschung rund um das Thema Interesse an Physik bei Lernenden ($M = 81; SD = 0{,}22$) von den Lehrkräften als sehr wichtige Ziele physikdidaktischer Forschung eingestuft.

Viele Aussagen aus der Interviewstudie legen eine grundlegende wissenschaftsskeptische Haltung der Physikdidaktik gegenüber nahe. Daher wurde aus ausgewählten Einstellungen eine Skala zur Wissenschaftsskepsis erstellt ($\alpha_{Cronbach} = 0{,}86$; Skala 0 bis 1 mit 1: hohe Skepsis). In Abbildung 1 ist die Verteilung der Wissenschaftsskepsis über alle Teilnehmenden dargestellt. Der Mittelwert liegt bei $M = 0{,}46$, was bedeutet, dass in der Breite der Physiklehrkräfte keine eindeutig wissenschaftsskeptische Haltung gefunden werden konnte – allerdings auch keine ausgeprägt wissenschaftszugewandte Haltung gegenüber der Physikdidaktik. Zudem zeigt sich eine breite Verteilung der Wissenschaftsskepsis ($SD = 0{,}14$). Die physikdidaktische Forschung wird von Physiklehrkräften in Summe sehr unterschiedlich eingeschätzt. Einige Physiklehrkräfte schreiben der physikdidaktischen Forschung z. B. jegliche Praxistauglichkeit ab. Es zeigen sich hier in ANCOVAs jedoch keine Unterschiede in Abhängigkeit vom Lehramtszugang (grundständig oder Seiteneinstieg) oder der Schulform, an der unterrichtet wird. Lediglich Lehrkräfte, die in der Physikdidaktik promoviert sind, stehen der physikdidaktischen Forschung signifikant weniger skeptisch gegenüber als Lehrkräfte, die nicht oder in einem anderen Bereich promoviert sind.

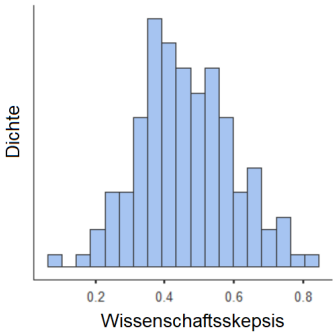


Abb. 1: Verteilung der Wissenschaftsskepsis über alle Teilnehmenden

Fazit

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die physikdidaktische Forschung von Lehrkräften durchaus als praxisrelevant wahrgenommen wird. Des Weiteren lässt sich keine grundlegende Wissenschaftsskepsis gegenüber der Physikdidaktik bei Physiklehrkräften feststellen. Es zeigen sich aus Sicht der Lehrkräfte jedoch Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit zwischen Forschung und Schulpraxis, auch wird der gymnasiale Fokus der physikdidaktischen Forschung bemängelt. Allerdings gilt es zu beachten, dass bei der Umfrage vermutlich überwiegend Lehrkräfte mit einer gewissen Nähe zur Physikdidaktik teilgenommen haben, weshalb die Studie die Sicht der Lehrkräfte auf die Physikdidaktik positiver als in der Realität darstellt.

Literatur

Altrichter, H., Wiesinger, S. (2004). Der Beitrag der Innovationsforschung im Bildungssystem zum Implementierungsproblem. In G. Reinmann, H. Mandl (Hsrg.), Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden. Göttingen: Hogrefe, 220-233

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (5. Aufl.). Weinheim: Beltz Juventa

Kultusministerkonferenz. (2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019)

Laumann, D., Grebe-Ellis, J., Heinicke, S., Schecker, H. & Wodzinski, R. (2023). Entwicklung einer Disziplin. Physik Journal, 22 (2), 23–26

Lukas Mientus[1]
Anna Nowak[1]
Peter Wulff[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Qualitätsabschätzung schriftlicher Reflexionen

Professionalisierungsmöglichkeiten angehender Lehrkräfte in Praxisphasen

Fachwissen, fachdidaktisches sowie pädagogisches Wissen entwickeln sich als einzelne Wissensbasen im Verlauf des Lehramtsstudiums (Enkrott, 2021). Auch Praxisphasen sind für die Entwicklung professioneller Handlungskompetenz besonders zentral (Schubarth et al., 2009), um eine Theorie-Praxis-Verzahnung zu unterstützen. Bis zum Referendariat sind Möglichkeiten zur Beobachtung und Analyse realer und authentischer Unterrichtssituationen rar (Fischer & Weinert, 2021). Unterrichtsvideos (auch in Vignetten) können hierbei eine gute Alternative beschreiben, da sie niederschwellig Einsatz in der Lehrkräftebildung finden können (Elsner et al., 2020; Wyss, 2018; van Es & Sherin, 2021). Im Gegensatz zur Studienlage unter den Lehramtsstudierenden ist die Befundlage beispielsweise im Referendariat geringer ausgeprägt (ausgenommen vom Belastungsempfinden etc.).

Praxisfokus: Reflexionsgelegenheit

Um den Berufseinstieg erleichtern zu können stellt sich Reflexion als anerkanntes Mittel im Umgang mit Belastung und Unsicherheit dar (vgl. Cramer et al., 2019). Im Bereich der Professionsforschung wird Reflexion als wesentlicher Baustein der professionellen Entwicklung angesehen (Korthagen & Kessels, 1999; Combe & Colbe, 2008, Christof et al., 2018) und scheint ebenso unabdingbar für die professionelle Entwicklung. Reflexion ist hierbei in der Lage einen nachhaltigen, intrinsischen Professionalisierungsprozess anzuregen (Roters, 2012) und kann in Anlehnung an von Aufschnaiter et al. (2019) als strukturierter Prozess verstanden werden, in dessen Rahmen zwischen dem Eigenen und dem Situationsspezifischen eine Beziehung hergestellt wird mit dem Ziel der Professionalisierung. Aufgrund der ausgeprägten Studienlage zu angehenden Lehrkräften bleibt jedoch die Frage offen, inwieweit sich reflexive Denkprozesse in Studium und Referendariat unterscheiden um erörtern zu können, inwieweit Ergebnisse übertragen werden können.

Schriftliche Reflexionen im Kontext einer Videovignette

Aus diesem Grund wurden die im Rahmen einer Videovignettenstudie (Mientus, 2023) erhobenen Daten nach den Teilstichproben von $N = 40$ Masterstudierenden und $N = 15$ Referendar:innen verglichen. In der Vignettenstudie sahen die Teilnehmenden ein 17-minütiges Unterrichtsvideo, welches eine Einführungsstunde zum Freien Fall in einer neunten Jahrgangsstufe zeigt. Im Anschluss an das Unterrichtsvideo verfassten die Teilnehmenden je eine schriftliche Fremdreflexion (im Sinne einer kollegialen Hospitation), indem sie (1) Beschreibungen der Situation formulierten, (2) Bewertungen des Beobachteten vornahmen, (3) mögliche Alternativen betrachteten, welche sie dem beobachteten Kollegen vorschlagen könnten sowie (4) persönliche Konsequenzen zur eigenen Professionalisierung ableiteten. Im Kontext der Studie konnte nicht bestätigt werden, dass längere Reflexionstexte automatisch qualitativ höherwertigere Denkprozesse bedeuteten (siehe Chodorow & Burnstein, 2004 oder

Leonhard & Rhim, 2011). Es zeigte sich allerdings, dass strukturiertere Reflexionstexte mit höherwertigeren Denkprozessen in Zusammenhang standen (Mientus et al., 2023b).

Explorativer Vergleich – Master | Referendariat

Als vergleichende Analyse wurde zunächst festgestellt, dass sich die schriftlichen Reflexionen der Masterstudierenden weder in Textlänge noch in deren Struktur signifikant voneinander unterscheiden[1], wenngleich dies auf Qualitätsunterscheide hinweisen könnte. Daher wurde eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Hierzu wurden die schriftlichen Reflexionen nach einem bestehenden Segmentiermanual einheitlich für die Kodierung vorbereitet. Die Segmentanzahl der Texte korreliert hierbei hoch signifikant mit der Textlänge, wobei die Standardabweichung der mittleren Textlänge in der Kohorte der Masterstudierenden etwas größer war.

Für die kontextspezifische, inhaltliche Kodierung wurde ein validiertes Kodiermanual verwendet und mit einer Interraterreliabilität von $k \approx 0.7$ bestätigt. Das inhaltliche Kodiermanual fokussiert hierbei auf die diskursiven Elemente (Bewertung, Alternativen und Konsequenzen) und weniger auf die Beschreibung der Unterrichtssituation, welche in beiden Teilstichproben mehr als 50% aller Segmente ausmachte. Das Manual adressiert hierbei beobachtbare Oberflächenmerkmale sowie Argumentationen, welche einer pädagogischen beziehungsweise fachdidaktischen Expertise bedürfen. Tabelle 1 verdeutlicht einen Auszug aus dem Kodiermanual stark vereinfacht.

Kategorie	Beispiel	Expertise
(fachdidaktische) Tiefenstruktur	Inhaltlich-fachliche Progression/Planung	Fachdidaktische Expertise
Curriculare Einbettung	Vorwissen der S*S	Oberflächenmerkmale
Umgang mit Fehlvorstellungen	Gewichtskraft vs. Masse	
Umgang mit Experimenten	Variablenkontrolle	
Konkrete Oberflächenmerkmale	Sichtbarkeit der Experimente	
Allgemeine Oberflächenmerkmale	Unruhe	
Soziale Unterstützung / Eingebundenheit	Gutes LK-S*S-Verhältnis	
Klassenführung (Klarheit/Struktur)	LK-Lenkung	
Kognitive Aktivierung	Ergebnissicherung	Pädagogische Expertise
Weiteres	(bitte kommentieren)	
NA	Keine Diskussion / Nur Nennung	

Tab. 1) Überblick über das Kategoriensystem in zwei Ebenen (hier: Kategorie und Beispiel) und einer Zuordnung zur interpretierten nötigen Expertise

[1] Dies wurde auf Grundlage computerbasierter Analysealgorithmen von Wulff et al. (2022) sowie Mientus et al. (2023b) ermittelt.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede – Master | Referendariat

Von insgesamt 4774 Segmenten entfielen 3482 Segmente auf die Kohorte der 40 Masterstudierenden und 1292 Segmente auf die 15 Referendar:innen. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass mit 2470 Segmenten mehr als die Hälfte der Segmente auf die Kategorie *Keine Diskussion/Nur Nennung* entfielen. Dies kann als zusätzliches Validitätsargument des Manuals angesehen werden, da es wie genannt auf diskursive Inhalte fokussiert, statt deskriptive Darstellungen zur beobachteten Unterrichtssituation zu berücksichtigen. In den 28 inhaltlichen Kategorien formulierten die Masterstudierenden in 17 Kategorien mehr Segmente, als die Referendar:innen. Diese formulierten in 10 Kategorien umfangreicher. Eine Kategorie des validierten Manuals wurde von keiner der Kohorten adressiert. Hierbei fokussieren die acht der 17 Mehrformulierungen auf Kategorien, welche eher fachdidaktischen Expertisen zugeordnet werden können. Die Referendar:innen fokussieren mit fünf von neun Kategorien eher auf eine pädagogische Expertise. Abbildung 1 illustriert diese Unterschiede.

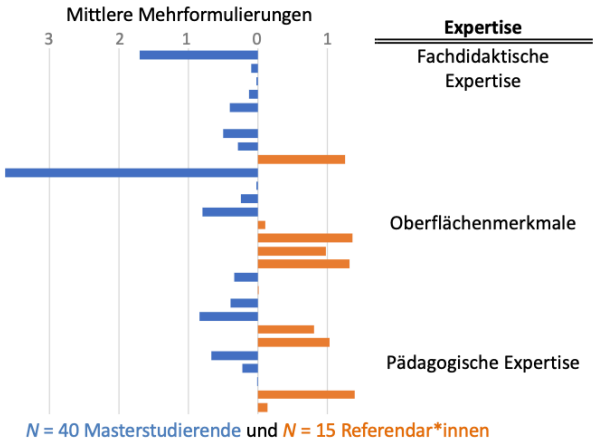


Abb. 1) Prozentualer Anteil an Mehrformulierungen der inhaltlichen Kategorien im Kohortenvergleich Master - Referendariat

Auf Textlänge normiert konnte weiterführend festgestellt werden, dass im Master mehr fachliche, fachdidaktische und pädagogische Kategorien aufgezählt werden, wohingegen die Referendar:innen signifikant mehr Kategorien pro Reflexionstext ($p < .01$) formulierten.

Professionalisierungsmöglichkeiten in standardisierter Fremdreflexion

Zusammenfassend können kaum Unterschiede in Länge und Struktur der Reflexionstexte identifiziert werden. Gleichzeitig werden Kategorien in unterschiedlichem Maße adressiert. Als mögliche Interpretation dieser Analyseergebnisse seien die unterschiedlichen Foki der jeweiligen Phasen der Lehrkräftebildung aufgeführt. Wohingegen in der ersten Phase Physik-Lehramtsstudierende mit konkreten Gegenständen aus Pädagogik, Fachphysik und Fachdidaktik umgehen können sollen, steht in der zweiten Phase die Einbettung des erworbenen Wissens in die Komplexität einer echten Unterrichtssituation im Vordergrund. Diese Gewichtungen sind potentiell mit der verwendeten, standardisierten Reflexionsvignette abbildbar. Potentiale für weitere Analysen von Argumentationswegen innerhalb der Reflexionen sowie die Ableitung von Feedback scheinen zum derzeitigen Zeitpunkt noch eher diffus.

Literatur

Chodorow, M. & Burstein, J. (2004). Beyond essay length. Evaluating e-rater's performance on Toefl essays. *ETS. Research Report Service*, i–38. https://doi.org/10.1002/j.2333-8504.2004.tb01931.x

Christof, E., Köhler, J., Rosenberger, K., & Wyss, C. (2018). *Mündliche, schriftliche und theatrale Wege der Praxisreflexion: Beiträge zur Professionalisierung pädagogischen Handelns* (1. Auflage). hep der bildungsverlag.

Combe, A. & Kolbe, F.-U. (2008). Lehrerprofessionalität: Wissen, Können, Handeln. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 857-875). Springer.

Cramer, C., Harant, M., Merk, S., Drahmann, M., & Emmerich, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnen- und Lehrerberuf. *Zeitschrift für Pädagogik*, *3*, 401–423.

Elsner, D., Kreft, A., Niesen, H. & Viebrock, A. (2020). Unterrichtsvideos als Reflexionsanlässe im Englischlehramtsstudium: Verbindung von Theorie und Praxis am Beispiel der Heterogenitätsdimensionen Mehrsprachigkeit und Transkulturalität. *HZL*, 3(2), 279-299.

Enkrott, P. (2021). *Entwicklung des fachlichen Wissens angehender Physiklehrkräfte*. https://doi.org/10.25932/publishup-50040

Fischer, J. & Weinert, M. (2021). Reflexionsförderung bei Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von videobasierten Aufgaben. In L. Humbert (Hrsg.). *INFOS 2021 – 19. GI- Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik* (S. 261-270).

Korthagen, F.A. & Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. *Educational Research*, 28(4), 4–17.

Leonhard, T., & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *4*(2), 240– 270.

Mientus, L. (2023). Reflexion und Reflexivität - Befunde reflexionsbezogener Dispositionen. Universitätsverlag Potsdam. https://doi.org/10.25932/publishup-61000

Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (2023b). Fast-and-frugal means to assess reflection-related reasoning processes in teacher training—Development and evaluation of a scalable machine learning-based metric. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. https://doi.org/10.1007/s11618-023-01166-8

Roters, B. (2012). *Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung*. Waxmann.

Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., & Wendland, M. (2009). Unterrichtskompetenzen bei Referendaren und Studierenden. Empirische Befunde der Potsdamer Studien zur ersten und zweiten Phase der Lehrerausbildung. In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2*, S. 304-323. https://doi.org/10.25656/01:14705

van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2021). Expanding on prior conceptualizations of teach-er noticing. *ZDM Mathematics Education*, 53(1), 17–27. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01211-4

von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, Bd. 2 Nr. 1. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, (144- 159). https://doi.org/10.4119/HLZ-2439

Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Bridging the Gap Between Qualitative and Quantitative Assessment in Science Education Research with Machine Learning—A Case for Pretrained Language Models- Based Clustering. *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09969-w

Wyss, C. (2018). Mündliche, kollegiale Reflexion von videografiertem Unterricht. In E. Christof, J. Köhler, K. Rosenberger, & C. Wyss (Hrsg.), *Mündliche, schriftliche und theatrale Wege der Praxisreflexion: Beiträge zur Professionalisierung pädagogischen Handelns*, 1. Auflage, S. 15–49. hep Verlag.

Marc Rodemer[1]
Lukas Mientus[2]
Julia Wiedmann[1]
Anna Nowak[2]
Pascal Pollmeier[3]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Potsdam
[3]Universität Paderborn

Professionalisierungsmöglichkeiten angehender Lehrkräfte in Praxisphasen

Praxisphasen stellen einen zentralen Aspekt in der Lehrkräftebildung dar, wenngleich bisherige wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich der Betrachtung des Einflusses von Praxisphasen auf die Professionalisierung angehender Lehrkräfte sehr vielfältig sind.
Das Symposium nahm verschiedene Professionalisierungsmöglichkeiten in Praxisphasen für angehende Lehrkräfte der Fächer Sachunterricht, Physik und Chemie in den Blick. Im Beitrag aus dem Fach Sachunterricht wurde die Entwicklung fachdidaktischen Wissens durch das Praxissemester untersucht. Die beiden Projekte aus der Physik untersuchten Qualitätsmerkmale schriftlicher Reflexionstexte zu fremdem und eigenem Unterricht. Im Beitrag aus dem Fach Chemie wurden auftretende Emotionen bei der Arbeit mit Eigenvideographie untersucht und mit herkömmlichen Hospitationen verglichen.

Professionalisierung angehender Lehrkräfte

Die Professionalisierung im Zuge der Berufsvorbereitung von angehenden Lehrkräften stellt eine komplexe Herausforderung dar. Es wird kritisiert, dass Absolvent*innen weder über eine einheitliche Wissensbasis noch über vergleichbare Kompetenzen verfügen (Hohenstein et al., 2014, Kunz et al., 2020). Lipowsky (2014, S. 3) beschreibt, dass ein Mangel an Professionalisierung zu einem Nachahmen von Mentor*innen oder ehemaligen Lehrkräften führt, was eine „Verschlechterung der Qualität des Unterrichts und Einbußen in der Begleitung der Schüler*innen“ zur Folge haben kann.
Für die Professionalisierung gilt die Entwicklung fachdidaktischen Wissens (PCK) als zentral, welches einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Unterrichts sowie den Lernerfolg der Schüler*innen hat (vgl. Carlson et al., 2019). Im Refined Consensus Model wurden zwei maßgebliche Ebenen des PCK identifiziert, die für die Umsetzung von Lehrinhalten während der praktischen Phasen von erheblicher Bedeutung sind (Carlson et al., 2019). Einerseits ist das sogenannte enacted PCK (ePCK) zu nennen, welches sich auf die konkrete Anwendung von PCK in Unterrichtssituationen bezieht, andererseits ist das personal PCK (pPCK) von Bedeutung, welches aus der Synthese von Unterrichtserfahrungen und kontinuierlichen Reflexionen über diese Erfahrungen hervorgeht.
Die bisherige Forschungsliteratur weist darauf hin, dass PCK in gewissem Maß durch praktische Erfahrungen erweitert werden kann, wobei Interaktionen zwischen Lehrkräften und Lernenden eine zentrale Rolle spielen (vgl. Franken, 2020, König et al., 2018; Schubarth et al., 2009). In diesem Zusammenhang sollen Praxisphasen in Form von kurzzeitigen Schulbesuchen bis hin zum Praxissemester zur Entwicklung des PCK zukünftiger Lehrkräfte beitragen. Allerdings besteht in Bezug auf die bisherige Forschungslage die Herausforderung, dass wenig bis kaum ausreichende Evidenz für die Wirksamkeit der beabsichtigten Lehrinhalte während der Praxisphasen der Lehrkräftebildung vorliegt (vgl. Kunz et al., 2020).

Praxisphasen

Sowohl in Wissenschaft als auch Politik herrscht Uneinigkeit hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung von Praxisphasen im Rahmen der Lehrkräftebildung. Diese Uneinigkeit zeigt sich u.a. darin, dass die nationalen Standards der Lehrkräftebildung, wie sie von der Kultusministerkonferenz veröffentlicht wurden (KMK, 2004, 2008, Neufassung 2019), uneinheitlich in den Bundesländern implementiert wurden und somit nicht jede angehende Lehrkraft im Studium ein Praxissemester durchläuft (Hohenstein et al., 2014).

Im Studium besteht nur begrenzt die Möglichkeit zur Beobachtung und Analyse von Unterrichtssituationen (Fischer & Weinert, 2021). Dieses Manko bezüglich praktischer Erfahrungen wird in vielen Fällen durch Praxisumsetzungen kompensiert, die oft auf den Erfahrungen der Dozierenden basieren oder durch institutionelle Rahmenbedingungen in ihrer Ausgestaltung und Wirksamkeit beschränkt sind. Unklar ist, welche Aspekte des PCK konkret durch Praxisphasen gefördert werden können und wie diese idealerweise begleitet werden sollten. Hierbei ist zu betonen, dass die Effektivität der Praxisphasen in hohem Maße von der Qualität der Betreuungssituation sowie den Möglichkeiten zur Reflexion abhängt (Lipowsky, 2014).

Reflexion

Reflexionen stellen einen entscheidenden Bestandteil im Prozess der Professionalisierung dar (Combe & Colbe, 2008, Lipowsky, 2014). Jedoch erfordert die Durchführung effektiver Reflexionen im Lehrkontext ein gewisses Maß an Wissen, um den Übergang von der Rolle des Lernenden zur Rolle der Lehrkraft erfolgreich zu bewältigen. Dies unterstreicht die Bedeutung des geeigneten Zeitpunkts für Praxisphasen, da diese sonst zu einer Überforderung führen können (Lipowsky, 2014).

Reflexionen können in Selbstreflexion und Fremdreflexion unterschieden werden. Selbstreflexion kann sowohl ad hoc (reflection-in-action) als auch post hoc (reflection-on-action) in Bezug zum eigenen Unterricht erfolgen. Fremdreflexion hingegen nimmt Bezug auf erlebten fremden Unterricht. Ziele beider Reflexionen sind die Verbesserung des Unterrichtes sowie die eigene Professionalisierung. Entsprechend können Vignetten oder Unterrichtsvideos als geeignete Alternativen dienen. Diese vielfältigen Ansätze bieten die Möglichkeit, Reflexionen in der Lehrkräftebildung auf eine breite und zugängliche Weise zu gestalten. Der Einsatz spezifischer Methoden zur Reflexion wie z.B. der Eigenvideografie kann dabei ebenfalls negative emotionale Zustände bedingen, welche sich negativ auf den Prozess auswirken können (Kordts-Freudinger et al., 2017).

Übersicht über die Beiträge

Der Beitrag von Mientus, Nowak, Wulff und Borowski stellt eine inhaltliche Analyse schriftlicher Reflexionen im Rahmen einer Videovignette vor. Die Videographie ermöglicht angehenden Lehrkräften eine Fremdreflexion in Anlehnung an eine kollegiale Hospitation einer Einführungsstunde zum Freien Fall in einer neunten Klasse. Unter Zuhilfenahme eines vortrainierten Machine-Learning-Algorithmus nach Wulff et al. (2022) sowie einer Strukturmodellierung nach Mientus et al. (2023) wurde ein computerbasiertes, absolutes Qualitätsmaß bestimmt (Mientus, 2023). Der vorliegende Beitrag analysiert dieselben Textdaten im Kohortenvergleich von $N = 40$ Masterstudierenden und $N = 15$ Referendar:innen in Bezug auf deren fachdidaktische Argumentation. Hierzu wurden die Texte nach zwei validierten Manualen segmentiert und kodiert. Es zeigt sich, dass die Kohorte der Masterstudierenden, mutmaßlich gemäß der Nähe zur universitären Lehre, deutlich mehr fachdidaktische und konkrete, pädagogische Kategorien aufgreifen. Gleichzeitig adressiert die

Mehrheit der Referendar:innen mehr Kategorien in einem einzelnen Text und lassen so einen geschulteren Praxisblick vermuten. Die Studie ist in der Lage, die unterschiedlichen Praxisfoki der beiden Phasen der Lehrkräftebildung abzubilden.

Der Beitrag von Wiedmann, Rodemer, Rumann und Gryl zeigt Ergebnisse zur Entwicklung von fachdidaktischem Wissen im Sachunterricht durch das Praxissemester auf. Zur Erfassung der Professionalisierungsmöglichkeiten angehender Sachunterrichts-Lehrkräfte im Bereich PCK wurden schriftliche Unterrichtsvignetten entwickelt, die im Kontext des Praxissemesters als Pre-Post-Test eingesetzt wurden. In diesen werden vielperspektivische Unterrichtsszenarien mithilfe ausgewählter Lerngegenstände abgebildet, zu denen Handlungsempfehlungen auf Basis der Facetten Lernendenvoraussetzungen, Instruktionsstrategien und Curriculum formuliert werden sollen. Im Vortrag wurde die Entwicklung des PCK durch das studienintegrierte Praxissemester präsentiert.

Der Beitrag von Nowak, Mientus, Wulff und Borowski stellt inhaltliche Qualitätsmerkmale in Selbstreflexionstexten vor. Selbstreflexionen stellen eine viel genutzte Professionalisierungsmöglichkeit dar, über den Reflexionsbegriff und die damit verbundenen Qualitätsmerkmale herrscht aus theoretischer Sicht allerdings eine große Uneinigkeit. Der Reflexionsprozess lässt sich durch die Elemente Rahmenbedingung, Beschreibung, Bewertung, Alternative und Konsequenz in seiner Struktur erfassen. Die Reflexionstiefe ist ein Qualitätsmerkmal von Reflexionstexten. Die thematisierten Inhalte zum Unterrichtsgeschehen variieren stark. Die Studie untersucht explorativ die folgende Frage: Welche Inhalte werden in Texten mit größerer Reflexionstiefe in den einzelnen Elementen thematisiert?
Zur Beantwortung der Frage wurden N= 132 Texte von Studierenden des Praxissemesters mit Hilfe von qualitativ inhaltsanalytischen Manualen codiert. Darauf aufbauend wurden Korrelationen zwischen Reflexionstiefe und Inhalten bestimmt, welche wiederum typisch einzelnen Elementen zuordbar sind. Es zeigt sich, dass es für alle Elemente sowohl signifikant positive als auch negative inhaltliche Zusammenhänge mit der Reflexionstiefe gibt.

Der Beitrag von Pollmeier, Vogelsang und Rogge stellt Eigenvideografien als Instrument zur Professionalisierung vor. Dabei deuten Untersuchungen vor allem auf positive Effekte bzgl. der Förderung reflexiver Kompetenzen hin. Gleichzeitig könnten mit der Videografie einhergehende negative Emotionen, insbesondere im Rahmen kollaborativer Reflexion, einen Einfluss auf den Kompetenzaufbau nehmen. Untersuchungen zu auftretenden Emotionen bei der Arbeit mit Eigenvideografien sind bisher kaum vorhanden.
In der vorliegenden Studie soll explorativ analysiert werden, welche Emotionen bei Lehramtsstudierenden im Rahmen von der (verpflichtenden) kollaborativen Reflexion von Eigenvideos aufgetreten sind. Ebenso sollen emotionale Veränderungen bzgl. Eigenvideografie im Laufe des Praxissemesters dargestellt werden. Aus durchgeführten Prä-Post-Interviews konnten drei Typen emotionaler Veränderungsmuster auf Grundlage emotionaler Zustände vor und nach dem Praxissemester abgeleitet werden. Als Prädiktoren für positives emotionales Erleben konnten unter anderem Vorerfahrungen mit der Methode und die Vertrautheit mit der Gruppe beobachtet werden.

Fazit
Das Symposium stellte verschiedene Professionalisierungsmöglichkeiten angehender Lehrkräfte in Praxisphasen vor. Alle Beiträge liefern Ansätze für breitere Implikationen in die Hochschullehre, die zu einer Qualitätssicherung im Zuge der Berufsvorbereitung beitragen können.

Literatur

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P. Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R. M., Kjung Suh, J., van Driel, J., & Wilson, C. D. (2019). *The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hg.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. Singapur: Springer Nature, 77–94.

Combe, A. & Kolbe, F.-U. (2008). Lehrerprofessionalität: Wissen, Können, Handeln. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 857-875). Springer.

Fischer, J. & Weinert, M. (2021). Reflexionsförderung bei Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von videobasierten Aufgaben. In L. Humbert (Hrsg.). *INFOS 2021 – 19. GI- Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik* (S. 261-270).

Franken, N. (2020). *Kognitive und affektiv-motivationale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie, Chemie und Sachunterricht im Kontext des Praxissemesters*. Dissertation, Bergische Universität, Wuppertal.

Hohenstein, F., Zimmermann, F., Kleickmann, T., Köller, O., & Möller, J. (2014). Sind die bildungswissenschaftlichen Standards für die Lehramtsausbildung in den Curricula der Hochschulen angekommen? *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *17*(3), 497–507. https://doi.org/10.1007/s11618-014-0563-9

Kordts-Freudinger, R., GrosseHonebrink, T. & Festner, D. (2017). Tiefenlernen im Praxissemester: Zusammenhänge mit Emotionsregulation. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 12*(1). https://zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/1007

Moors, A., Ellsworth, P. C., Scherer, K. R. & Frijda, N. H. (2013). Appraisal theories of emotion: State of the art and future development. *Emotion Review, 5*(2), 119–124.

König, J., Darge, K., Kramer, C., Ligtvoet, R., Lünnemann, M., Podlecki, A.-M., & Strauß, S. (2018). *Das Praxissemester als Lerngelegenheit: Modellierung lernprozessbezogener Tätigkeiten und ihrer Bedingungsfaktoren im Spannungsfeld zwischen Universität und Schulpraxis*. In J. König, M. Rothland, & N. Schaper (Hg.), Learning to Practice, Learning to Reflect? Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 87–114.

Kunz, H., Sauerland, F., & Uhl, S. (Eds.). (2020). *Praxisphasen im Lehramtsstudium: Erfahrungen aus Modellversuchen* (1st ed.). wbv Publikation. https://elibrary.utb.de/doi/book/10.3278/9783763961870

Lipowsky, F. (2014) *Stellungnahme des Instituts für Erziehungswissenschaft (IfE) zum Modellversuch Praxissemester.*

Mientus, L. (2023). *Reflexion und Reflexivität - Befunde reflexionsbezogener Dispositionen*. Universitätsverlag Potsdam. https://doi.org/10.25932/publishup-61000

Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (2023). Fast-and-frugal means to assess reflection-related reasoning processes in teacher training—Development and evaluation of a scalable machine learning-based metric. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. https://doi.org/10.1007/s11618-023-01166-8

Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., & Wendland, M. (2009). Unterrichtskompetenzen bei Referendaren und Studierenden. Empirische Befunde der Potsdamer Studien zur ersten und zweiten Phase der Lehrerausbildung. In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2*, S. 304-323. https://doi.org/10.25656/01:14705

Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Bridging the Gap Between Qualitative and Quantitative Assessment in Science Education Research with Machine Learning—A Case for Pretrained Language Models- Based Clustering. *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09969-w

Julia Wiedmann[1]
Marc Rodemer[1]
Stefan Rumann[1]
Inga Gryl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Entwicklung von fachdidaktischem Wissen angehender Sachunterrichts-Lehrkräfte durch das Praxissemester

Einführung

Das Praxissemester soll während des Studiums einen Beitrag zur Kompetenzentwicklung angehender Lehrkräfte leisten, indem sie unterrichtspraktische Erfahrungen sammeln und auf diese Weise ihr fachdidaktisches Wissen durch Interaktionen mit den Lernenden weiterentwickeln (Franken, 2020; König et al., 2018; Mertens, 2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Zusammenhang mit dem Praxissemester wurde bislang hauptsächlich in den naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts beforscht (vgl. Cooper et al., 2022; Schering et al., 2019). Aus diesem Grund hat das vorliegende Projekt zum Ziel, die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens angehender Sachunterrichts-Lehrkräfte – mit Sachunterricht als Querschnittsfach zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften – in Abhängigkeit vom Praxissemester abzubilden, sodass die Potentiale dieser Professionalisierungsmöglichkeit aufgedeckt und genutzt werden können.

Theoretischer Hintergrund

Das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft kann als essentieller Faktor für die Unterrichtsqualität und den Lernerfolg der Schüler*innen beschrieben werden (Carlson et al., 2019). Bisherige Forschung zeigt, dass das fachdidaktische Wissen durch praktische Erfahrungen, z.B. durch Interaktionen zwischen Lehrenden und Lernenden, ausgebaut wird (König et al., 2018). Die vielperspektivische Konzeption des Faches Sachunterricht stellt eine Herausforderung bei der Erhebung des fachdidaktischen Wissens dar, weil die Lerngegenstände nicht nur aus einer Bezugsdisziplin beleuchtet werden sollen, sondern integrativ, verknüpfend und interdisziplinär betrachtet werden müssen. Auf diese Weise soll der Sachunterricht dem Anspruch der „Problemorientierung, inhaltliche[n] Offenheit“ (Albers, 2017, S. 11) und metakognitiv-kritischen Aushandlung anhand eines lebensweltorientierten Lerngegenstandes gerecht werden (Albers, 2017). Daher ist es notwendig, ein Testinstrument zu konzipieren, dass die Kompetenzen in den fachdidaktischen Facetten *Schüler*innenvoraussetzungen*, *Instruktions- und Vermittlungsstrategien* sowie *Curriculares Wissen* (Franken, 2020) bei angehenden Sachunterrichts-Lehrkräften nicht disziplinenbezogen, sondern im Kontext eines vielperspektivischen Sachunterrichts erfasst.

Material und Methode

Um die fachdidaktischen Facetten im Pre-Post-Design in Abhängigkeit vom Praxissemester erfassen zu können, wurde ein schriftlicher Vignetten-Test entwickelt, der von 51 Sachunterrichts-Studierenden unmittelbar vor Antritt des Praxissemesters sowie direkt im Anschluss an das Praxissemester bearbeitet wurde. Hierbei wurden authentische Unterrichtsituationen in einem offenen Antwortformat dargeboten (Brovelli et al., 2013), sodass die Studierenden fachdidaktische Handlungsempfehlungen an einer konkreten Unterrichtssituation festmachen konnten. Als vielperspektivischer Unterrichtsgegenstand

diente die Bildung für nachhaltige Entwicklung (GDSU, 2013), da dieser vielperspektivisch angelegt, ein wesentlicher Themenbereich des Sachunterrichts sowie gesellschaftlich relevant ist. Als Konsequenz aus den Erkenntnissen der Pilotstudie wurden für die Hauptstudie (Kohorte 1, WiSe 2022/23 bis Sommersemester 2023) die Lerngegenstände der Vignetten neu ausgerichtet, sodass der Forderung nach Vielperspektivität gezielter nachgekommen werden konnte (Wiedmann et al., 2023). Thematisch wurde der Test demnach auf den inklusiven Schulweg, Landwirtschaft (hierbei insbesondere Wachstumsbedingungen) sowie Trinkwasser ausgerichtet, sodass in jeder Vignette mindestens zwei Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts prägend waren, alle drei Lerngegenstände jedoch der Bildung für nachhaltige Entwicklung zu zuordnen waren (vgl. Abb. 1).
Zur fachdidaktischen Facette *Curriculares Wissen* wurden jeweils zwei Fragen zu einem Vignetten-Thema entwickelt, in Bezug auf die *Schüler*innenvoraussetzungen* sowie *Instruktions- und Vermittlungsstrategien* jeweils eine (vgl. Abb. 1).

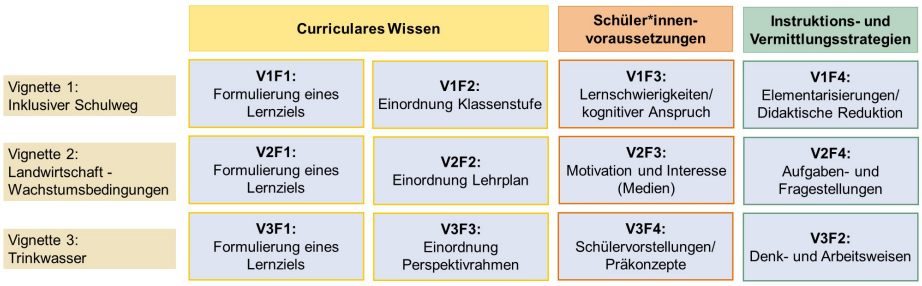


Abb. 1: Konzeption der Vignetten

Die Antworten der Studierenden wurden mithilfe einer qualitativen evaluativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet, sodass den einzelnen Antworten Punkte zugewiesen wurden. Diese staffelten sich je nach Tiefe des Begründungszusammenhangs oder nach Ableitung von Konsequenzen für das weitere unterrichtliche Handeln. Auf diese Weise konnten pro Facette maximal 18 Punkte erreicht werden.

Ergebnisse

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen, je nach Facette, Ergebnisse auf qualitativer bzw. quantitativer Ebene vor. Die Facette *Schüler*innenvoraussetzungen* wurde für den Pre-Zeitpunkt der ersten Kohorte der Haupterhebung bislang nur qualitativ ausgewertet, wohingegen für die Facette *Instruktions- und Vermittlungsstrategien* bereits erste quantitative Ergebnisse vom Pre-Post-Vergleich vorliegen. Generell kann gesagt werden, dass der entwickelte Vignetten-Test eine gute Reliabilität von Alpha = .74 aufweist (Blanz, 2015).

Ergebnisse der Pre-Erhebung: „Schüler"innenvoraussetzungen" V1F3

Die Vignette V1F3 zielt auf die Erfassung der Facette *Schüler*innenvoraussetzungen* (Teilfacette: Lernschwierigkeiten/kognitiver Anspruch) ab. Im Zusammenhang mit einer Unterrichtseinheit zum inklusiven Schulweg sollten die Studierenden zwei kognitive Hürden für Schüler*innen bei der Kartenerstellung herausarbeiten (Wiedmann et al., 2023). Das Kategoriensystem greift als Oberkategorien vornehmlich die von Hempel (2007) formulierten entwicklungsbezogenen Lernvoraussetzungen auf. Die Unterkategorien können in lerngegenstandsbezogene Dimensionen sowie den didaktischen Wert unterteilt werden. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass es insgesamt sieben induktive und deduktive

lerngegenstandsbezogene Kategorien gibt, die im Schnitt etwa acht Nennungen erhalten haben. Im Großen und Ganzen konnten die Studierenden 1,6 von 2 möglichen Hürden benennen, sie haben jedoch nur durchschnittlich 2,1 von 4 möglichen Punkten für die Erläuterung der didaktischen Unterkategorien erhalten. Auffällig ist die Dominanz der Kategorie ‚Perspektivübernahme der Lernenden' mit 40 Nennungen. Wichtig zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang ebenfalls, dass diese Hürde nicht nur häufig genannt wurde, sondern auch zumeist näher beschrieben und Folgen für Lernende identifiziert wurden.

Pre-Post-Vergleich: „Instruktions- und Vermittlungsstrategien"

Nach der Bepunktung der Pre- und Post-Ergebnisse bezüglich der Facette *Instruktions- und Vermittlungsstrategien*, konnte eine Erhöhung des Minimal-, Maximal- und Durchschnittswertes über das Praxissemester festgestellt werden. Ein t-Test hat ergeben, dass diese Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten signifikant sind. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass ein kleiner bis mittlerer Effekt des Praxissemesters auf die Facette auszumachen ist (vgl. Abb. 2).

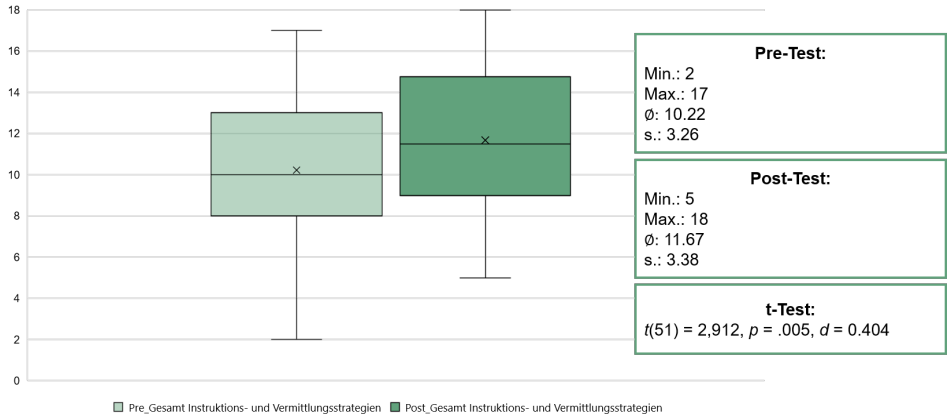


Abb. 2: Pre-Post-Vergleich: Instruktions- und Vermittlungsstrategien

Diskussion und Ausblick

Durch den Vignetten-Test ist eine differenzierte Messung des fachdidaktischen Wissens angehender Sachunterrichts-Lehrkräfte möglich. Bezüglich der qualitativ-quantitativen Auswertung der Facette *Schüler*innenvoraussetzungen* vor Antritt des Praxissemesters, kann geschlussfolgert werden, dass Master-Studierende vor Eintritt ins Praxissemester bereits dazu in der Lage sind entwicklungsbezogene Lernvoraussetzungen (Hempel, 2007) zu diagnostizieren, jedoch die Ableitung von Konsequenzen dieser individuellen Kompetenzen für den Unterricht nur wenigen Studierenden möglich ist. Für die Facette *Instruktions- und Vermittlungsstrategien* konnte ein kleiner bis mittlerer Effekt des Praxissemesters festgestellt werden. Dieser Effekt erklärt sich hauptsächlich durch die deutlich unterrichtspraktischeren Einbettungen der Strategien im Vergleich zum Pre-Erhebungszeitpunkt sowie der daraus folgenden didaktischen Fundiertheit der Antworten.

Ob sich dieser Trend in den anderen beiden Facetten ebenfalls fortsetzt, muss nach vollständiger Auswertung des Datensatzes überprüft werden. Weiterhin gilt es, die Ergebnisse dieser Erhebung mit denen in nachfolgenden Kohorten zu vergleichen.

Literatur

Albers, S. (2017). Bildung und Vielperspektivität im Sachunterricht – ein „inniges“ Verhältnis. *GDSU-Journal*, *2017*(6): 11–19.

Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen*. Stuttgart: Kohlhammer.

Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, *41*(4): 306–329.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P. Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R. M., Kjung Suh, J., van Driel, J., & Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapur: Springer Nature, 77–94.

Cooper, R., Fitzgerald, A., & Carpendale, J. (2022). A Reading Group for Science Educators: an Approach for Developing Personal and Collective Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *53*(8), https://doi.org/10.1007/s10763-022-10260-y.

Franken, N. (2020). *Kognitive und affektiv-motivationale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie, Chemie und Sachunterricht im Kontext des Praxissemesters*. Dissertation, Bergische Universität, Wuppertal.

GDSU – Gesellschaft Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Hempel, M. (2007). Diagnostik der kindlichen Lebenswelt als Voraussetzung zur Förderung des Kompetenzerwerbs der Lernenden. In R. Lauterbach, A. Hartinger, B. Feige, & D. Pech (Hg.), *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 23–36.

König, J., Darge, K., Kramer, C., Ligtvoet, R., Lünnemann, M., Podlecki, A.-M., & Strauß, S. (2018). Das Praxissemester als Lerngelegenheit: Modellierung lernprozessbezogener Tätigkeiten und ihrer Bedingungsfaktoren im Spannungsfeld zwischen Universität und Schulpraxis. In J. König, M. Rothland, & N. Schaper (Hg.), *Learning to Practice, Learning to Reflect? Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 87–114.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim; Basel: Beltz Juventa, 4. Auflage.

Mertens, S. (2018). *Die Entwicklung bildungswissenschaftlicher Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester—Veränderungsbereiche und Einflussfaktoren*. Dissertation, Bergische Universität Wuppertal.

Schiering, D., Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). Konstruktion eines qualitativen Niveaumodells im fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(2019), 211–229.

Wiedmann, J., Rodemer, M., Rumann, S., & Gryl, I. (2023). Zuwachs des sachunterrichtsdidaktischen Wissens durch das Praxissemester? In H. van Vorst (Hg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (= 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). / 49. GDCP-Jahrestagung 2022), 901–904.

Anna Nowak[1]
Lukas Mientus[1]
Peter Wulff[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2] PH Heidelberg

Inhaltliche Qualitätsmerkmale in Selbstreflexionstexten

In den Standards für Lehrkräftebildung wird Reflexion als eine wichtige Professionalisierungsmöglichkeit benannt (HRK, 2015; KMK, 2019a, 2019b; WR, 2001). Grund dafür ist unter anderem, dass Reflexion als notwendig für die Verbesserung von Unterricht angesehen wird, dem externalen Ziel von Reflexion (van Beveren et al., 2018; von Aufschnaiter et al., 2019). Das internale Ziel von Reflexion ist die eigene professionelle Entwicklung (van Beveren et al., 2018; von Aufschnaiter et al., 2019). Zudem wird angenommen, dass Reflexion einen positiven Einfluss auf Gesundheit, Zufriedenheit und Wohlbefinden haben kann (Brookfield, 2017; Führer, 2019; Svojanovsky, 2017; Wyss, 2013). Obwohl Reflexion eine immer größere Rolle in der Lehrkräftebildung einnimmt und in der Praxis umgesetzt wird, herrscht aus theoretischer Sicht eine große Uneinigkeit über den Begriff selbst (Collin et al., 2013). Das führt dazu, dass auch über den Reflexionsprozess und die damit verbundenen Kompetenzen verschiedene Auffassungen vorliegen. Vor allem, was Qualitätsmerkmale einer Reflexion angeht, sind die Ansprüche an Studierende zum Teil zu hoch (Labott & Reintjes, 2022), wie etwa bei der Reflexionstiefe (Leonhard & Rihm, 2011), wenngleich Qualitätsmerkmale noch nicht ausreichend geklärt sind.

Operationalisierung des Reflexionsprozesses und der Reflexionstiefe

Zu einem vollständigen Reflexionsprozess gehören im Reflexionsmodell nach Nowak et al. (2019) die Elemente *Rahmenbedingungen*, eine möglichst objektive *Beschreibung* der Situation, eine positive oder negative *Bewertung* der Situation, eine *Alternative* zum bisherigen Vorgehen und *Konsequenzen* für die professionelle Weiterentwicklung. Jedes der Elemente kann begründet oder unbegründet vorliegen und die thematisierten Inhalte sind abhängig von der Wissensbasis (Fachdidaktisches Wissen, Fachwissen, Pädagogisches Wissen) (Nowak et al., 2019). In einer einzelnen Situation kann es verschiedene Reflexionsauslöser (positive oder negative Geschehnisse) geben, die zum Nachdenken anregen (Nowak, 2023). Für die Reflexionstiefe als Qualitätsmerkmal ergibt sich folgende Definition: „Für die externale Zielüberprüfung zeigt sich *Reflexionstiefe* darin, dass ein *negativer oder positiver Reflexionsauslöser,* an der Wissensbasis orientiert, angemessen *begründet*, *beschrieben* und *bewertet* wird und dazu passende *Alternativen* ausführlich diskutiert werden mit dem Ziel der Verbesserung des Unterrichts. Für die internale Zielüberprüfung zeigt sich *Reflexionstiefe* darin, dass ein *negativer Reflexionsauslöser,* an der Wissensbasis orientiert, *begründet*, *beschrieben* und *bewertet* wird und dazu passende *Konsequenzen* ausführlich diskutiert werden mit dem Ziel der eigenen professionellen Entwicklung.“ (Nowak, 2023, p. 33)

Forschungsfragen und Erhebung

Basierend auf der Operationalisierung des Reflexionsprozesses und der Reflexionstiefe wurden in dieser Studie Texte, die die Qualitätsmerkmale unterschiedlich erfüllten, verglichen, um Rückschlüsse über weitere mögliche Qualitätsmerkmale ziehen zu können.

Dabei wurde der Frage nachgegangen, welche Inhalte Praxissemesterstudierende in Texten mit größerer Reflexionstiefe in den einzelnen Elementen thematisieren. Die Datenerhebung fand 2017/18 in drei aufeinanderfolgenden Semestern statt. Insgesamt haben $N = 22$ Studierende im Praxissemester Physik teilgenommen und über das Praxissemester hinweg in regelmäßigen Abständen jeweils sechs schriftliche Selbstreflexionstexte über eine Unterrichtssituation mit Hilfe von Leitfragen verfasst. Für die Analyse wurden die $N = 132$ Texte in einem ersten Schritt segmentiert. Über die Anzahl der Segmente konnte dann auch die Textlänge bestimmt werden. Anschließend wurden für jedes Segment die Elemente über ein validiertes Kodiermanual und die thematisierten Inhalte über ein kommunikativ validiertes Manual codiert. Für jeden einzelnen Reflexionsauslöser wurden die zugehörigen Textstellen bestimmt und die Reflexionstiefe bestimmt: deskriptiv (beschreibend), instrumentell (formale Erfüllung der Elemente, aber nicht tiefgründig durchdacht) und produktiv (tiefgründiges Durchdenken der Alternative bzw. Konsequenz). Daraus wiederum wurde die Reflexionstiefe für den Gesamttext bestimmt (Details zum Vorgehen in Nowak (2023, pp. 49–57)).

Ergebnisse

Die Texte waren bezüglich der Elemente des Reflexionsprozesses (von beschreibend bis zur Abdeckung aller Elemente) und der thematisierten Inhalte (eher einseitig bis sehr vielseitig) sehr divers. Positive Reflexionsauslöser wurden eher deskriptiv reflektiert, negative Reflexionsauslöser erreichten alle drei Ausprägungen. Insgesamt konnte über das Praxissemester hinweg kaum eine Entwicklung festgestellt werden (Nowak, 2023). Um die unterschiedlichen Texte bezüglich der thematisierten Inhalte in den einzelnen Elementen vergleichen zu können, wurde zunächst bestimmt, welche Inhalte in den einzelnen Elementen vorkommen. Dann wurde über die Spearman-Rangkorrelation der Zusammenhang mit der Reflexionstiefe überprüft (ausgewählte Ergebnisse siehe Tab) 1). Für das Element **Rahmenbedingung** hat sich gezeigt, dass die relative Häufigkeit der Kategorie *(Physik-) didaktische Vorüberlegungen und Theorieplanung* signifikant negativ mit der Reflexionstiefe korreliert bei mittlerem Effekt, da dies sehr deskriptive Texte sind. Die absolute Häufigkeit des Subcodes *Sequenzordnung davor* korreliert bei schwachem Effekt signifikant positiv mit der Reflexionstiefe, ebenso die absoluten Häufigkeiten von *Stundenordnung*, *Lernzielen zum Fachwissen* und *Lernzielen zur Erkenntnisgewinnung*. Auch für Aspekte der Tiefenstruktur wurden positive Korrelationen mit schwachem Effekt gefunden: für *Metainformationen zum Arbeitsauftrag* und die *Verwendung von Didaktiktheorie*. Und auch für die *Antizipation von Problemen* gibt es eine signifikant positive Korrelation mit der Reflexionstiefe bei schwachem Effekt. All das sind Aspekte einer zuvor gut durchdachten Stunde. Für das Element der **Beschreibung** fanden sich positive Korrelationen mit der Reflexionstiefe jeweils bei schwachem Effekt vor allem für die absolute Häufigkeit von *kommunikativen Lehrer:innenhandlungen – Auftrag bzw. Fragestellung durch Lehrer:in*, *Anweisungen der Lehrer:in* und das *Aufgreifen* von Antworten oder Ideen *durch die Lehrer:in* – und *Schüler:innenhandlungen*. Zudem korrelierte auch der *Umgang mit Problemen* signifikant positiv mit der Reflexionstiefe bei mittlerem Effekt. Innerhalb des Elements **Bewertung** fanden sich vor allem positive Zusammenhänge mit der absoluten und relativen Häufigkeit von problembehafteten Inhalten, dazu gehören z.B. *Probleme von Schüler:innen* (schwacher Effekt), *Ablaufprobleme* (schwacher Effekt) und auch die *Negative Selbsteinschätzung* (mittlerer Effekt). Gleichzeitig gibt es negative Zusammenhänge der Reflexionstiefe mit der relativen Häufigkeit von sehr positiven Einschätzungen: *Problemfreiheit* (schwacher Effekt) und *Positive Selbsteinschätzung* (mittlerer Effekt). Für das Element **Alternative** fanden sich

signifikant positive Korrelationen der Reflexionstiefe mit allen drei Varianten *Verbesserung des Vorgehens* (mittlerer Effekt), *Ausgeschlossenes Vorgehen* (schwacher Effekt) und *Ganz anderes Vorgehen* (schwacher Effekt). Für das Element **Konsequenz** fanden sich signifikant positive Zusammenhänge der Reflexionstiefe mit der *Individuellen Weiterentwicklung* (mittlerer Effekt).

Inhalt	r_s abs. (rel.)	*p* abs. (rel.)
Kategorie *(Physik-)didaktische Vorüberlegungen und Theorieplanung*	(-.35**)	(<.001)
Sequenzordnung davor	.18*	.034
Stundenordnung	.23**	.007
Lernziele zum Fachwissen	.22*	.013
Lernziele zur Erkenntnisgewinnung	.21*	.017
Metainformationen zum Arbeitsauftrag	.17*	.046
Verwendung von Didaktiktheorie	.26** (.22*)	.003 (.012)
Antizipation von Problemen	.19*	.027
Auftrag bzw. Fragestellung durch Lehrer:in	. 25**	.004
Anweisungen der Lehrer:in	.22*	.013
Aufgreifen durch die Lehrer:in	.19*	.027
Schüler:innenhandlungen	.29*	.001
Umgang mit Problemen	. 35** (. 25**)	<.001 (.004)
Probleme von Schüler:innen	.27* (.21*)	.002 (.015)
Ablaufprobleme	. 28** (. 18*)	.001 (.037)
Negative Selbsteinschätzung	. 37** (. 33**)	<.001 (<.001)
Problemfreiheit	(-.18*)	.035
Positive Selbsteinschätzung	(-.30*)	.001
Verbesserung des Vorgehens	. 49** (. 37**)	<.001 (<.001)
Ausgeschlossenes Vorgehen	. 20* (. 19*)	.019 (.028)
Ganz anderes Vorgehen	.18*	.039
Individuelle Weiterentwicklung	. 42** (. 39**)	<.001 (<.001)

Tab 1) Ergebnisse der Spearman Rangkorrelation zwischen Reflexionstiefe (Gesamttext) und Inhalt. Anm. Rahmenbedingung, Beschreibung, Bewertung, Alternative, Konsequenz; N = 132

Selbstreflexion als Professionalisierungsmöglichkeit

Zusätzlich zur fehlenden Entwicklung im Laufe des Praxissemesters (Nowak, 2023) zeigte sich neben vielen neutralen Inhalten ein Überhang an Negativität (Probleme und negative Selbsteinschätzung vs. Problemfreiheit und positiver Selbsteinschätzung) im Zusammengang mit Reflexionstiefe, d.h. vor allem Texte mit negativen Inhalten erreichten eine große Reflexionstiefe. Bei positiven Inhalten wurde der Reflexionsprozess meist nach der Bewertung abgebrochen. Ein Lösungsvorschlag hierfür ist die bewusste und klare Fokussierung auf die unterschiedlichen Ziele (internal und external) von Reflexion im Verlauf der Lehrkräftebildung, also ganz bewusst die jeweilige Zielorientierung zu fordern und fördern. Zudem könnten positive und negative Reflexionsauslöser mit einem unterschiedlichen Erwartungshorizont bedacht werden, um Positiven mehr Raum zu geben. Im Hinblick darauf wurde das theoriebasierte Reflexionsmodell mit externaler und internaler Zielorientierung (REIZ) entwickelt (Nowak, 2023).

Literatur

Brookfield, S. D. (2017). *Becoming a Critically Reflective Teacher*. Jossey-Bass.

Collin, S., Karsenti, T., & Komis, V. (2013). Reflective practice in initial teacher training: Critiques and perspectives. *Reflective Practice*, *14*(1), 104–117. https://doi.org/10.1080/14623943.2012.732935

Führer, F.-M. (2019). *Unterrichtsnachbesprechungen in schulischen Praxisphasen. Eine empirische Untersuchung aus inhalts- und gesprächsanalytischer Perspektive*. Springer VS.

HRK. (2015). *Hoschulrektorenkonferenz - Empfehlungen zur Lehrerbildung* (B. Michalk, Ed.). HRK. https://www.hrk.de/uploads/media/2015-01_Lehrerbildung_01.pdf

KMK. (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019)*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf

KMK. (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonfernez vom 16.12.2004 i .d. F. vom 16.05.2019)*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf

Labott, D., & Reintjes, C. (2022). Unvereinbarkeit von Bewertung und Reflexionsaufgaben in der Lehrer*innenbildung. In C. Reintjes & I. Kunze (Eds.), *Reflexion und Reflexivität in Unterricht, Schule und Lehrer:innenbildung* (pp. 170–184). Klinkhardt. https://doi.org/10.35468/5969-10

Leonhard, T., & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung Auf Dem Prüfstand*, *4*(2), 240–270.

Nowak, A. (2023). Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht. Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ. In M. Hopf & M. Ropohl (Eds.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos. doi: 10.30819/5739

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C., & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (pp. 838–841). Universität Regensburg. https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U

Svojanovsky, P. (2017). Supporting student teachers' reflection as a paradigm shift process. *Teaching and Teacher Education*, *66*, 338–348. https://doi.org/10.1016/J.TATE.2017.05.001

Van Beveren, L., Roets, G., Buysse, A., & Rutten, K. (2018). We all reflect, but why? A systematic review of the purposes of reflection in higher education in social and behavioral sciences. *Educational Research Review*, *24*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.01.002

von Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift Zur Konzeption, Gestaltung Und Diskussion*, *2*(1), 144–159. https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144

WR. (2001). *Empfehlungen zur künftigen Struktur der Lehrerbildung*. https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5065-01.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D3

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Waxmann.

Pascal Pollmeier[1]
Christoph Vogelsang[1]
Tim Rogge[2]

[1]Universität Paderborn
[2]QUA-LiS NRW

Eigenvideografien als Instrument zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte

Die Reflexion von Unterricht aus verschiedenen Perspektiven (z.B. fachlich, fachdidaktisch, pädagogisch) sowie die daraus folgende Ableitung von Handlungsalternativen ist ein zentrales Element der Lehrkräfteausbildung (Häcker, 2017). Dazu ist die Verknüpfung von theoretischem Wissen und praktischen Unterrichtserfahrungen notwendig (von Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019). Eine besondere Rolle für ebendiese Verknüpfung stellt das Praxissemester dar, das häufig in M.Ed.-Studiengängen implementiert ist. Dabei sollen universitäre Begleitveranstaltung bei der Verknüpfung der beiden Bereiche unterstützen.

Eigenvideografie

Ein besonderes Potential für die Relation von Theorie und Praxis bieten Unterrichtsvideografien. Dabei werden Unterrichtsvideografien auch zunehmend als Reflexionsmethode für den eigenen Unterricht von angehenden Lehrkräften eingesetzt (vgl. Brouwer, 2014). Bestehende Untersuchungen zu den Vorteilen des Einsatzes von Unterrichtsvideos zeigen z.B. das wiederholte Beobachten inkl. Perspektivwechsel sowie den Aufbau einer beobachtenden Distanz zum Geschehen dar (Danielowich, 2014; Dorlöchter et al., 2013). Dabei sind unterschiedliche Reflexionsszenarien denkbar: Der rein individuellen Reflexion von Unterricht steht die Reflexion in kooperativen Gruppensettings gegenüber (Blomberg et al., 2013; Gröschner et al., 2014, 2015). Dabei wird grundsätzlich die Arbeit mit Eigenvideos als bedeutsamer und aktivierender wahrgenommen als die Arbeit mit Fremdvideos (Gaudin & Chaliès, 2015). Neben der kognitiven Wirkung von Unterrichtsvideografien, können von diesen aber auch Verunsicherung und unangenehme Emotionen ausgelöst werden (Kleinknecht & Poschinski, 2014). Emotionen können dabei als komplexe Reaktion auf die kognitive Einschätzung einer Situation verstanden werden. Moors et al. (2013) beschreiben in der *appraisal theory of emotion* das Zusammenspiel von Valenz und Arousal in Bezug auf auftretende Emotionen. Während die Valenz die grundsätzliche Wahrnehmung von Emotionen als positiv, oder negativ beschreibt, kann das Arousal als Grad der Erregung verstanden werden. So könnten bspw. leicht negative Emotionen mit einem hohen Arousal als bedeutsamer wahrgenommen werden, das sehr positive Emotionen gleichen Arousals. Dabei können Emotionen durch eine Wertkomponente sowie eine Kontrollkomponente beeinflusst werden (Pekrun, 2006). Die Wertkomponente beschreibt dabei die eigene Werthaltung gegenüber der jeweiligen Situation/Aufgabe, während die Kontrollkomponente auf die Kontrolle der Individuen über das Handeln in der jeweiligen Situation fokussiert. Innerhalb von Praxisphasen (Deng et al., 2018) können dabei negative Emotionen einen negativen Einfluss auf den Lernprozess nehmen (Korts-Freudinger et al., 2017). Emotionen im Zusammenhang mit der Nutzung von Eigenvideografien sind allerdings bisher wenig erforscht worden.

Forschungsfragen

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Nutzung von Eigenvideografien zur Förderung der Reflexionskompetenz angehender Lehrkräfte sowie den potentiell negativen einhergehenden Emotionen werden die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- Welche Emotionen werden bei Lehramtsstudierenden initiiert, die im Praxissemester eigenständig durchgeführten Unterricht videografieren und in einem kollaborativen Lehr-Lern-Szenario mit Kommiliton*innen reflektieren (müssen)?
- Wie verändern sich die Valenzen von Emotionen bezüglich der Eigenvideografie zwischen Beginn und Ende des Praxissemester?
- Welche Muster emotionaler Veränderungsprozesse können identifiziert werden?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Valenzen der Emotionen und Merkmalen des kollaborativen Reflexionsformats?

Methodische Umsetzung

Um tiefere Einblicke in die Forschungsfragen zu erlangen, wurde eine Prä-Post-Interviewstudie im Praxissemester durchgeführt. Die Stichprobe besteht aus N=20 ($N_{weiblich}$=14, $N_{männlich}$=6) Proband*innen, welche im Wintersemester 2019/20 das Praxissemester an der Universität Paderborn absolviert haben. Dabei entstammen die Proband*innen je einem der Begleitseminare der Fächer Bildungswissenschaften, Physik oder Chemie. Innerhalb des Begleitseminars Bildungswissenschaften fand eine verpflichtende Eigenvideografie statt, welche anschließend in Kleingruppen à 3 Proband*innen reflektiert wurden. Im Fach Physik fand die Eigenvideografie ebenfalls verpflichtend statt. Anschließend konnten die Proband*innen einzelne Szenen der Videos zur Reflexion innerhalb einer Seminarsitzung auswählen. Im Fach Chemie fand die Eigenvideografie freiwillig statt. Auch hier wurden anschließend ausgewählte Szenen innerhalb der Seminargruppe reflektiert.

Die Interviews zu Prä- und Post-Zeitpunkt wurden durch Leitfäden strukturiert. Während zum Prä-Test vor allem der emotionale Zustand beim Erfahren der durchzuführenden Eigenvideografie abgefragt wurde, wurde zum Post-Zeitpunkt ein Fokus auf die Emotionen beim Ansehen und Reflektieren der Videos gelegt. Die Auswertung wurde entlang einer inhaltsanalytischen Kodierung mittel deduktiven Kodiersystem strukturiert. Dabei wurden induktive Ergänzungen aufgenommen sowie auch implizit geäußerte Emotionen kodiert (vgl. Hailikari et al., 2016). In Form einer Orientierung an der dokumentarischen Methode wurden anschließend Typen gebildet. Dabei erfolgte der Vergleich entlang der emotionalen Zustände zu Beginn und Ende des Praxissemesters.

Ergebnisse

Auf Grundlage der Ergebnisse können 3 unterschiedliche Typen gebildet werden:

Tabelle 1 – Übersicht der gebildeten Typen

	Am Ende: positiv	Am Ende: negativ
Zu Beginn: negativ	Typ 1	Typ 3
Zu Beginn: positiv	Typ 2	(nicht bestätigt)

Typ 1 zeigt zu Beginn des Praxissemesters negative Emotionen, welche sich in positive Emotionen am Ende des Praxissemesters entwickeln (Pollmeier et al., 2021). Eine Probandin des bildungswissenschaftlichen Begleitseminars ist exemplarisch für diesen Typ. Zum Prä-

Zeitpunkt wurde vor allem eine fehlende Unterstützung der Schule befürchtet, was sich auch auf den Genehmigungsprozess der Videoaufzeichnung ausweitet. Diese Befürchtungen bestätigten sich am Post-Zeitpunkt. Auch bei der Durchführung der Videografie fühlte sich die Probandin angespannt. Mit dem mehrfachen Ansehen des Videos verschiebt sich der Fokus von dem eigenen Auftreten vor der Klasse hin zur Interaktion mit den Lernenden. Dabei fühlte die Probandin zu Beginn Scham, welche nach und nach abnahm. Vor der Feedbacksituation hat die Probandin ursprünglich Angst, welche sich aber als unbegründet erwies, so dass sie im Ergebnis die Eigenvideografie zu einem späteren Zeitpunkt wiederholen würde.
Typ 2 weist zu Beginn und Ende des Praxissemesters positive Emotionen auf. Exemplarisch ist eine Person aus dem Begleitseminar im Fach Physik. Die positiven Erwartungen wurden auf bestehenden Erfahrungen mit Eigenvideografie begründet. Eine Nervosität während der Videografie wurde mit der Anwesenheit der Fachleitung begründet. Während des ersten Anschauens zeigte sich der Proband durch sein eigenes Verhalten irritiert, was jedoch nach mehrfachem Betrachten des Videos nachlässt. Auch die Feedbacksituation wurde als positiv beschrieben.
Typ 3 zeigt zu Beginn und Ende des Praxissemesters negative Emotionen. Eine exemplarische Probandin des bildungswissenschaftlichen Begleitseminars beschreibt eine Ablehnung der Methode vor allem aufgrund eigener negativer Erfahrungen sich selbst medial vermittelt zu sehen. Innerhalb des Genehmigungsprozesses erlebte sie Ablehnung des Kollegiums und äußerte so auch belastende Emotionen während der Durchführung der Videografie. Hinzu kamen organisatorische Herausforderungen durch einen Unterrichtsraumswechsel zu Beginn. Schon vor dem ersten Ansehen befürchtete die Probandin sich selbst „beim Scheitern zu sehen“ (BiW_Sw6_t2, 34). Nach mehrmaligen Ansehen blieb zwar die Grundanspannung bestehen, jedoch fokussierte sie zunehmend auf das Verhalten der Klasse. Auch die Feedbacksituation ist bei der Probandin negativ besetzt, so fürchtete sie vor Augen geführt zu bekommen, dass sie „das nicht kann“ (BiW_Sw6_t2, 48). Innerhalb der Situation war die Probandin von der fehlenden Vorbereitung der Kommiliton*innen genervt, beschrieb aber dennoch einen Lernertrag und die Bereitschaft sich erneut zu filmen.

Diskussion

Im Rahmen der beschriebenen Untersuchung konnten Einflussfaktoren auf das emotionale Erleben von Eigenvideografie abgeleitet werden. So spielt die Gruppenvertrautheit innerhalb der Seminargruppe eine Rolle. Sofern Proband*innen keine zu negativen Rückmeldungen erwarten müssen, könnte hier ein positiver Einfluss auf die Kontrollkomponente vermutet werden. Dabei muss jedoch sichergestellt werden, dass professionalisierungsrelevantes Feedback nicht verschwiegen wird. Ebenso scheint der Genehmigungsprozess der Eigenvideografie in der Schule einen deutlichen Einfluss zu haben. Fehlende Unterstützung der Schulleitung, bzw. des Kollegiums könnte hier zum Kontrollverlust gleich auf zwei Ebenen führen. So könnte das Projekt in der Schule nicht durchgeführt werden, was jedoch auch Probleme innerhalb der universitären Begleitveranstaltung auslösen könnte. Zuletzt könnten positive Vorerfahrungen einen positiven Einfluss auf die Wertkomponente nehmen. Dabei müssen diese Ergebnisse vor dem Hintergrund der vorliegenden Gelegenheitsstichprobe sowie dem möglichen Fehlen von Personen mit noch negativeren Emotionen aus den Begleitveranstaltungen interpretiert werden.

Literatur

von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung–Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, 2*(1), S. 144–159.

Blomberg, G., Renkl, A., Gamoran Sherin, M., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research Online, 5*(1), S. 90–114.

Brouwer, N. (2014). Was lernen Lehrpersonen durch die Arbeit mit Videos? Ergebnisse eines Dezenniums empirischer Forschung. *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, 32(2), S. 176–195.

Danielowich, R. M. (2014). Shifting the reflective focus: Encouraging student teacher learning in video-framed and peer-sharing contexts. *Teachers and Teaching –Theory and Practice, 20*(3), S. 264–288.

Deng, L., Zhu, G., Li, G., Xu, Z., Rutter, A. & Rivera, H. (2018). Student teachers' emotions, dilemmas, and professional identity formation amid the teaching practicums. *The Asia-Pacific Education Researcher, 27*(6), S. 441–453.

Dorlöchter, H., Krüger, U., Stiller, E. & Wiebusch, D. (2013). Lehrer-(aus)bildung durch den Einsatz von Eigenvideos professionalisieren. *SEMINAR*, 19/Heft 2, S. 94–116.

Gaudin, C. & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review, 16*, S. 41–67.

Gröschner, A., Seidel, T., Pehmer, A.-K. & Kiemer, K. (2014). Facilitating collaborative teacher learning: the role of »mindfulness« in video-based teacher professional development programs. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, *45*(3).

Gröschner, A., Seidel, T., Kiemer, K., Pehmer, A.-K. (2015): Through the lens of teacher Professional development components: the "Dialogic Video Cycle" as an innovative program to foster classroom dialogue. *Professional Development in Education*, *41*(4), S. 729-756.

Häcker, T. (2017). Grundlagen und Implikationen der Forderung von Reflexivität in der Lehrerinnen-und Lehrerbildung. In C. Berndt, T. Häcker & T. Leonhard (Hrsg.), Reflexive Lehrerbildung revisited (S. 21–45). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hailikari, T., Postareff, L. & Kordts, R. (2016). Feel the progress: Second-year students' reflections on their first-year experience. *International Journal of Higher Education, 5*(3), S. 79–90.

Kleinknecht, M. & Poschinski, N. (2014). Eigene und fremde Videos in der Lehrerfortbildung. Eine Fallanalyse zu kognitiven und emotionalen Prozessen beim Beobachten zweier unterschiedlicher Videotypen. *Zeitschrift für Pädagogik, 60*, 471–490.

Kordts-Freudinger, R., Grosse Honebrink, T. & Festner, D. (2017). Tiefenlernen im Praxissemester: Zusammenhänge mit Emotionsregulation. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 12*(1). Verfügbar unter: https://zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/1007Moors, A., Ellsworth, P. C., Scherer, K. R. & Frijda, N. H. (2013). Appraisal theories of emotion: State of the art and future development. *Emotion Review, 5*(2), 119–124.

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review, 18*(4), 315–341.

Pollmeier, P.; Rogge, T.; Vogelsang, C. (2021). Emotionale Erfahrungen von Lehramtsstudierenden bei der Arbeit mit Eigenvideografien von Unterricht –Fallanalysen aus einer längsschnittlichen Interviewstudie im Praxissemester. *ZeHf –Zeitschrift für empirische Hochschulforschung*, 1-2021, S. 20-37.

Ronja Sowinski[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Metaphern mehrsprachiger Schüler*innen zu abstrakten Phänomenen

Metaphern im Kontext naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens

Entsprechend der kognitiven Metapherntheorie nach Lakoff und Johnson (2003) werden Metaphern im Rahmen dieses Beitrags nicht als Stilmittel, sondern als kognitive Werkzeuge verstanden. Dadurch dass durch sie ein Verständnis abstrakter Phänomene durch Bedeutungsübertragung von einem bekannten, erfahrbaren Quellbereich auf einen abstrakten Zielbereich ermöglicht wird (Schmitt, Schröder & Pfaller, 2018), spielen Metaphern auch für die Naturwissenschaften eine besondere Rolle. In den Naturwissenschaften gibt es zahlreiche abstrakte Phänomene, die mit den Sinnen nicht direkt erfahrbar sind. Aus diesem Grund werden häufig (unbewusst) Metaphern verwendet, um abstrakte Phänomene durch die genannte Übertragung verständlicher zu machen (Schmitt et al., 2018). Durch diese Funktion sind Metaphern ebenfalls im Schulkontext (z. B. in Lehrbüchern) weit verbreitet. Sie werden als Lehr-/Lerntools genutzt, um Schüler*innen beim Verstehen abstrakter Phänomene zu unterstützen (Beger & Jäkel, 2015; Niebert, Dannemann & Gropengießer, 2014).

Jedoch birgt der Einsatz von Metaphern für das fachliche Lernen auch Herausforderungen. In einer früheren Studie zur menschlichen Verdauung konnte gezeigt werden, dass Schüler*innen dazu neigen, Metaphern aus Schulbüchern oder von Lehrkräften zu übernehmen, anstatt selbst gebildete Metaphern entsprechend ihrer individuellen Erfahrungen zu nutzen (Jahic Pettersson, Danielsson & Rundgren, 2020). Besonders für Schüler*innen mit einer anderen Erstsprache als der Unterrichtssprache ergeben sich jedoch noch weitere Herausforderungen, weshalb diese Gruppe als vulnerable Gruppe in diesem Beitrag in den Fokus genommen wird.

Grundsätzlich ist ein hohes Sprachniveau notwendig, um Metaphern identifizieren und im übertragenden Sinne verstehen zu können (Ikuta & Miwa, 2021). Hierbei stellten die Autor*innen zudem heraus, dass Schüler*innen mit anderer Erstsprache als der Unterrichtssprache mehr Zeit benötigen, um Metaphern zu verstehen. Zudem tendieren sie dazu, Metaphern wortwörtlich oder misszuverstehen. Darüber hinaus gelten Metaphern als sprachlich-kulturell abhängig, da der Quellbereich, auf dem die Übertragung basiert, auf individuellen Erfahrungen basiert (Danielsson, Löfgren & Rundgren, 2018).

Metaphern zum Thema Immunreaktion

Bisherige Studien fokussieren nur selten explizit die von Schüler*innen verwendeten Metaphern. Meistens werden entsprechende Ergebnisse im Kontext von Studien zu Schüler*innenvorstellungen nebensächlich mit benannt (s. z. B. bei Kattmann, 2016). Als typisch lassen sich hier im Kontext der Immunreaktion vor allem die Verwendung der Kampf-Metapher zur Beschreibung der Immunreaktion (Hammann & Asshoff, 2014; Hörsch & Kattmann, 2005; Ohlhoff, 2002) sowie die Personifizierung von Krankheitserregern (Viren und/oder Bakterien), des Immunsystems und/oder des Körpers im Allgemeinen (Hörsch & Kattmann, 2005; Kattmann, 2016; Ohlhoff, 2002; Schneeweiß, 2008) festhalten. Neben diesen Metaphern werden weitere jedoch nur nebensächlich und nicht explizit genannt. Ein Beispiel hierfür ist die Beschreibung des Körpers als Behälter (Ohlhoff, 2002).

Da Metaphern von individuellen Erfahrungen abhängig sind und die genannten Studien Metaphern verallgemeinernd für alle Schüler*innen dargestellen, jedoch noch von weiteren Metaphern ausgegangen werden. In fachwissenschaftlicher Literatur sowie Interviews von Biologie-Dozierenden konnten neben der Kampf-Metapher und Personifizierung zusätzlich noch die Start-Weg-Ziel- (Immunreaktion als Prozess), Behälter- (Körper als Behälter für Immunzellen) und die Teil-Ganzes-Metapher (Immunzellen als Teil des Immunsystem) als häufig verwendete Metaphern festgehalten werden (Sowinski & Abels, in review).

Erkenntnisinteresse und wissenschaftliche Fragestellungen

Es wird deutlich, dass eine systematische Aufarbeitung verwendeter Metaphern von Schüler*innen mit unterschiedlichen Hintergründen fehlt, um entsprechende Unterrichtssettings zur konstruktiven Nutzung von Metaphern entwickeln zu können. Aus diesem Grund widmet sich die vorgestellte Teilstudie dieser Forschungslücke exemplarisch zum Thema Immunreaktion. Hierbei werden folgende Forschungsfragen beantwortet:

(1) Welche Metaphern nutzen Schüler*innen, wenn sie über die Immunreaktion bei einer Grippe sprechen?
(2) Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten liegen hinsichtlich Vielfalt und Häufigkeit der verwendeten Metaphern zwischen Schüler*innen mit unterschiedlichen Erstsprachen vor?

Untersuchungsdesign und empirische Forschungsmethodik

Für die explorative Studie wurden leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014) mit 16 Schüler*innen an Gesamtschulen in Hamburg und Niedersachsen im Alter zwischen 15-17 Jahren (9.(10. Klasse) geführt. Die Schüler*innen hatten das Thema Immunreaktion bereits im Unterricht. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die Schüler*innen eher über die abstrakten Aspekte der Immunreaktion und den daran beteiligten Immunzellen sprechen können.

Als Einstieg wurde den Schüler*innen ein Ausschnitt eines Online-Artikels zur Grippe vorgelegt (Sowinski & Abels, eingereicht). Ausgehend davon wurden die Schüler*innen gebeten, zu erklären, was sie sich unter einer Grippe vorstellen und was sie denken, was in ihrem Körper bei einer Grippeinfektion passiert. Ab diesem Zeitpunkt diente der Interviewleitfaden ausschließlich der Orientierung und wurde entsprechend des Gesagten der Schüler*innen angepasst. Die Interviews hatten im Schnitt eine Dauer von 30 Minuten.

Im Anschluss wurden die Interviews mit einer Kombination aus inhaltlich-strukturierender Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) sowie systematischer Metaphernanalyse (Schmitt et al., 2018) untersucht, sodass eine Übersicht über verwendete Metaphern zu bestimmten fachlichen Aspekten erstellt werden konnte.

Ergänzend zu den Interviews wurden weitere Informationen der Schüler*innen (u. a. demografische Angaben, Sprachbiografie) mittels Fragebogen (Cohen, Manion & Morrison, 2011) erhoben. Hierdurch können die Schüler*innen als Fälle mit individuellen Sprachbiografien skizziert werden.

Ausgewählte Ergebnisse

*Metaphern von Schüler*innen zur Immunreaktion*

Entsprechend des Forschungsstandes werden am häufigsten Personifizierungen und die Kampf-Metapher verwendet. Hierbei fällt jedoch auf, dass zwei Schüler*innen keinen Gebrauch von der Kampf-Metapher machen und ein Schüler diese sogar als fachlich nicht

angemessen reflektiert. Darüber hinaus finden sich auch die Metaphern aus der fachwissenschaftlichen Literatur und Interviews bei den Schüler*innen wieder.
Entgegen dem Forschungsstand konnten jedoch noch eine Vielzahl weiterer Metaphern identifiziert werden, die bisher nicht dokumentiert wurden (Tab. 1).

*Tab. 1: Ausgewählte Beispiele bisher nicht dokumentierter Metaphern von Schüler*innen unterschiedlicher Erstsprachen. Die jeweiligen Erstsprachen der Schüler*innen sind jeweils hinter dem Code mit angegeben.*

Metapher	Ankerbeispiel
Maschine	„wenn dann uh, da kommen welche, dann (.) äh *produzieren* die halt so viele, bis der *dann halt ausgeschaltet ist*, der feindliche Bakterie, der Vir, das Vir, die Vire. (.)“ (IGS1L2S1, Pos. 126; Deutsch als Erstsprache)
Speicher	„Hm ja und wenn man schonmal äh Grippe hatte äh und äh man dann nochmal Grippe bekommen sollte, ist das *in der Gedächtniszelle schon gespeichert*.“ (IGS1L1S4, Pos. 144; Deutsch als Erstsprache)
Vernichtung	„*vielleicht verschwinden die (.) nach einer Zei- Zeit irgendwie*, weil die (.) sich so denken ja komm, lass mal einen weiter, irgendwo. (.)“ (IGS1L1S1, Pos. 124; Deutsch/Schwedisch als Erstsprachen)
Reinigung	„Also man isst das und das wird sich verteilen und (...) der verteilt sich und *macht die ganze Körper von drinnen sauber“* (STS1L1S2, Pos. 151; Dari/Farsi als Erstsprachen)

Insgesamt konnten 18 unterschiedliche Arten von Metaphern identifiziert werden. Dies übersteigt deutlich den Stand der Forschung.

*Besonderheiten in der Metaphernverwendung von mehrsprachigen Schüler*innen*
Ausgehend von der zuvor dargestellten Vielfalt der Metaphern fiel auf, dass entsprechende Metaphern meist nur von einzelnen Schüler*innen verwendet wurden. Es gibt hier keinen Hinweis darauf, dass sich die Schüler*innen abhängig von ihren Erstsprachen systematisch solcher bisher nicht dokumentierten Metaphern bedienen.
Hinsichtlich der verwendeten Häufigkeit und Vielfalt von Metaphern wird in den Daten deutlich, dass dies zwischen den einzelnen Schüler*innen stark variiert. So werden zwischen 35 (IGS1L1S3; Arabisch als Erstsprache) bis zu 385 (IGS2L1S5; Kurdisch als Erstsprache) Metaphern innerhalb des 30-minütigen Interviews verwendet. Die Vielfalt der Metaphern variiert zwischen sechs und 14 unterschiedlichen Arten an Metaphern in einem Interview. Innerhalb dieser Spanne verteilen sich die Schüler*innen unabhängig von ihren Erstsprachen.

Diskussion und Ausblick
Die Ergebnisse zeigen einen ersten Überblick über die Verwendung von Metaphern durch Schüler*innen verschiedener Erstsprachen. Es wurde deutlich, dass Schüler*innen eine bisher noch nicht dokumentierte Vielfalt an Metaphern nutzen. Zudem konnte die Vermutung widerlegt werden, dass sich Schüler*innen mit einer anderen Erstsprache als Deutsch eher nur bekannten und insgesamt weniger Metaphern bedienen.
Zusammenfassend muss an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass sich die gezeigte Vielfalt weder auf eine Einteilung in Deutsch als Erst- und Zweitsprache noch auf die einzelnen Erstsprachen an sich zurückführen lässt. Die Verwendung von Metaphern ist bei jedem*r Schüler*in individuell, weshalb sich Lehrkräfte einerseits dieser Vielfalt bewusstwerden sollen, entsprechend andererseits ihre Relevanz nicht unterschätzen sollten.

Literatur

Beger, A., & Jäkel, O. (2015). The cognitive role of metaphor in teaching science: Examples from physics, chemistry, biology, psychology and philosophy. Philinq, 3, 89–112.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). Research Methods in Education (7. Aufl.). London/New York: Routledge.

Danielsson, K., Löfgren, R., & Pettersson, A. J. (2018). Gains and Losses: Metaphors in Chemistry Classrooms. In K.-S. Tang & K. Danielsson (Hrsg.), Global Developments in Literacy Research for Science Education (S. 219–235). Cham: Springer International Publishing.

Hammann, M., & Asshoff, R. (2014). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten. Hannover: Kallmeyer.

Hörsch, C., & Kattmann, U. (2005). Schülervorstellungen zu Mikroorganismen. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 4, 7–19.

Ikuta, M., & Miwa, K. (2021). Structure Mapping in Second-Language Metaphor Processing. Metaphor and Symbol, 36(4), 288–310.

Jahic Pettersson, A., Danielsson, K., & Rundgren, C.-J. (2020). „Traveling nutrients“. How students use metaphorical language to describe digestion and nutritional uptake. International Journal of Science Education, 1–21.

Kattmann, U. (2016). Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht. Hallbergmoos: Aulis.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. In Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). Metaphors we live by. With a new afterword. Chicago: University of Chicago Press.

Niebert, K., Dannemann, S., & Gropengiesser, H. (2014). Metaphors, Analogies and Representations in Biology Education. In I. Baumgardt (Hrsg.), Forschen, Lehren und Lernen in der Lehrerausbildung (S. 145–157). Hohengehren: Schneider.

Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 121–132). Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.

Ohlhoff, D. (2002). Das freundliche Selbst und der angreifende Feind. Politische Metaphern und Körperkonzepte in der Wissensvermittlung der Biologie. metaphorik.de, 3, 75–99.

Schmitt, R., Schröder, J., & Pfaller, L. (2018). Systematische Metaphernanalyse. Eine Einführung. Wiesbaden: Springer.

Schneeweiß, H. (2008). Bakterien und ihre Lebensweise verstehen lernen. Lehr-Lernforschung zur Verständnisentwicklung durch Laborarbeit, Modelleinsatz und Gespräch [Dissertation]. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.

Sowinski, R., & Abels, S. (o. J.). Metaphern zur Klärung biologischer Phänomene – Eine Fachperspektive. Erkenntnisweg Biologie.

Marvin Rost[1]
Anja Lembens[1]

[1]Universität Wien

Halbautomatisierte Auswertung der affektiven Dimensionen in Lerntagebucheinträgen von Chemielehramtsstudierenden

Einleitung

Chemielehramtstudierende sind während ihres Studiums mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert. Eine besondere Rolle kommt dabei der Erwartung zu, mit hoher Qualität im Klassenraum handeln zu wollen und zu können (Stender et al., 2021). Da diese Erwartung auch an Digitalisierungsprozesse gekoppelt ist, müssen Universitäten, die Lehrkräftebildung entsprechend anpassen. Monokausale Ansätze sind beim Aufbau der entsprechenden Kenntnisse und Fähigkeiten speziell in den naturwissenschaftlichen Fächern (Heinitz et al., 2022) keine zielführenden Analyse- und Übungsschemata und situierte Reflexionsanlässe folglich obligatorisch (Cramer et al., 2019). Diese Reflexionsanlässe werden bei der Untersuchung von Professionalisierungsprozessen bei Lehramtsstudierenden vielfältig beforscht und durch sie können der Erwerb professioneller Handlungskompetenzen sowie die Explikation von Annahmen über das Handeln im Klassenraum (Kayima, 2022) besser verstanden werden. Im Idealfall finden Lehrveranstaltungen dabei auch die in einem, von persönlichem Engagement getragenen, ko-konstruktiven Wechselspiel mit Schulen statt (Resch, 2021). Am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) wurde in der Folge eine Lehrveranstaltung (Digitale Medien im Chemieunterricht) nach dem *Service-Learning Approach* (SLA; Resch & Schrittesser, 2021) umstrukturiert. Danach formulieren universitätsexterne Partnerinstitutionen Bedarfe (hier: Erstellen von digital bezogenem Unterrichtsmaterial bzw. Stundenverläufen), die von Studierenden als *Service* bearbeitet und zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig erlaubt es dieser konkrete Anlass, eine vertiefte Relevanzerfahrung machen zu können, die sich als *Learning* auf die Professionalisierung auswirken sollte.

Affektive Dimensionen in Lehr- und Lernprozessen

Während affektive Dimensionen zwar eine immer größere Rolle in der Beforschung von Lehr- und Lernprozessen beim Erwerb naturwissenschaftsbezogener Kompetenzen spielen (Fortus et al., 2022; Kubsch, Fortus, et al., 2022) ist die systematische Implementation dieser Facette in die fachspezifische Lehrkräftebildung bisher unterbeforscht. Für Untersuchungen von Freitexten zum Zwecke von Forschung oder Rückmeldungen an Studierende liegen für qualitative Settings erprobte Formen vor. Kommentierte Lerntagebücher, mündliche Prüfungen, Hausarbeiten und weitere Dokumente werden zahlreich eingesetzt, unterliegen jedoch einer wesentlichen Restriktion, nämlich dem vergleichsweise hohen Ressourcenaufwand zur Bearbeitung durch die jeweiligen Dozierenden. Insbesondere nicht-kognitive Facetten erzeugen in dieser Hinsicht zusätzliche Schwierigkeiten. Das Erfassen und systematische Berücksichtigen von bspw. Motivation oder Einstellungen in Freitexten ist mindestens in stark frequentierten Lehramtsstudiengängen praktisch nicht zu leisten.

Forschungsfrage
Wie kann die Tiefenstruktur des Professionalisierungsprozesses von Chemielehramtsstudierenden hinsichtlich der affektiven Dimension in ihren Reflexionstexten zu einem digital orientierten Service-Learning Seminar ökonomisch erfasst werden?

Seminarskizze
Das beforschte Seminar fand mit Bachelorstudierenden (N=6) im Unterrichtsfach Chemie statt. Die Teilnehmenden erhielten von einer kooperierenden Lehrkraft den Auftrag, eine digital gestützte Unterrichtseinheit im Themenfeld Elektrochemie zu planen und durchzuführen. Dazu fanden ein Hospitationstermin und ein Termin mit eigenem Unterricht statt. Dies wurde per Universitätsseminar begleitet. Über den Semesterverlauf wurden die Studierenden fünfmal um die Verschriftlichung ihres selbst wahrgenommenen Professionswissenszuwachs gebeten, den sie jeweils im Umfang einer halben Seite im Zusammenhang mit ihren Klassenraumerfahrungen erläuterten.

Methode
Es steht eine Reihe von statistischen und technischen Hilfsmitteln zur Mustererkennung zur Verfügung, deren Kombinationsmöglichkeiten mit menschlichen Fähigkeiten in den Sozialwissenschaften bereits konzeptualisiert wurden (Nelson, 2020; Nelson et al., 2021). Auch für die Naturwissenschaftsdidaktiken wird die Anwendung (halb-) automatisierter Systeme derzeit ausformuliert (Kubsch, Krist, et al., 2022; Wulff et al., 2022), wobei die konkrete Implementation in chemiedidaktischen Settings derzeit vor allem die kognitive Perspektive beim Kompetenzerwerb adressiert (Martin et al., 2023). Gleichzeitig ist die Untersuchung der affektiven Dimension chemiedidaktischer Fragestellungen bisher sowohl theoretisch als auch methodologisch nicht hinreichend ausgestaltet (Flaherty, 2020). Zur Erfassung der affektiven Komponente der Tagebucheinträge wurden die Texte zunächst in *Tokens* zerlegt (Benoit & Matsuo, 2020). Diese wurden mit computerlinguistischen Metriken zu emotionaler Valenz sowie Erregung (Köper & Schulte im Walde, 2016) zusammengeführt, pro Tagebucheintrag und Person die Worte mit den höchsten bzw. niedrigsten Ausprägungen herausgefiltert und auf dieser Grundlage mit Hilfe einer latenten semantischen Skalierung (Watanabe, 2021) die Lage aller Texte auf den affektiven Metriken über alle Texte geschätzt. In der Visualisierung der erhaltenen Werte ergaben sich Muster, die zielgerichtet zur Untersuchung der Originaltexte dienten.

Ergebnisse
Ein exemplarisches Ergebnis ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Person mit dem pinken Farbcode zeigt auffällig hohe Werte. Die Person schreibt offen und direkt über ihre Empfindungen bezüglich ihrer Erwartungen und Erlebnisse im Klassenraum. Sie dokumentiert beispielsweise, dass sie „[…] erschreckend wenig […]“ über Elektrochemie wusste, sie habe sich aber durch die verschiedenen [Lern]stationen ein besseres Verständnis angeeignet. An anderer Stelle liege ihr die „[…] Bildung der Kinder/Jugendlichen am Herzen […]“. Die stark sachlichen Argumente von der Person mit dem grünen Farbcode stehen dazu in deutlichem Kontrast: Es sind vor allem distanzierte Überlegungen zu digitalen Medien in Unterrichtsplanung und Unterrichtsdurchführung erkennbar, die sich bspw. mit der Vermeidung negativer Konsequenzen auseinandersetzen. Die Person möchte zukünftig dafür sorgen, dass Schüler:innen die Zeit bekommen sich mit dem jeweiligen Unterrichtsinhalt zu

befassen, „[…] ohne dass sie Stress [durch die zusätzliche Belastung des Erlernens beim Umgang mit einer App] haben“.

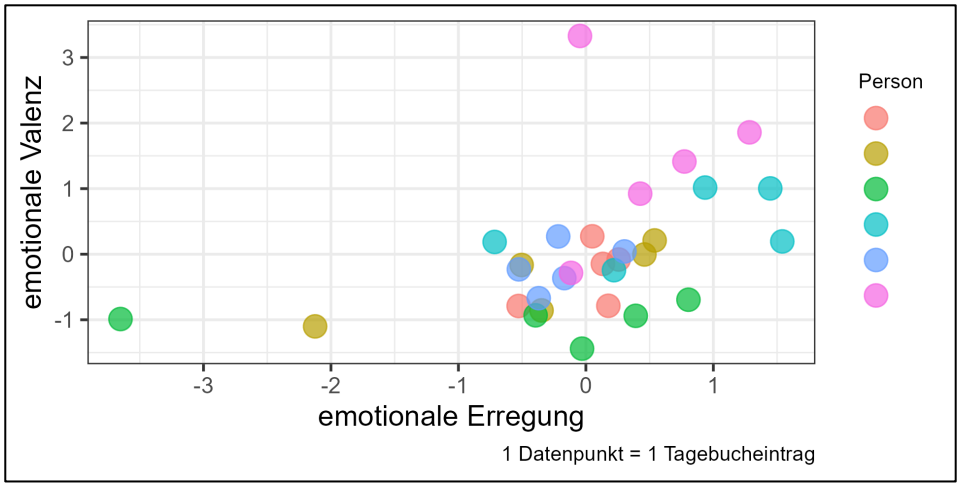


Abb. 1: Aus der latenten semantischen Skalierung geschätzte Werte emotionaler Valenz & Erregung pro Tagebucheintrag. Verschiedene Personen zeigen verschiedene Zusammenhangsmuster, die qualitativ interpretierbar sind.

Diskussion

Der vorgestellte Studienausschnitt demonstriert die prinzipielle Umsetzbarkeit der Quantifizierung natürlicher Sprache zum Zwecke der Untersuchung affektiver Dimensionen in Reflexionstexten. Es ist gelungen, inter- und intrapersonelle Werte zu emotionaler Valenz und Erregung zu schätzen, die üblicherweise nur mit separaten Testinstrumenten konstruierbar wären. Die Kombination mit bereits vorhandenen Frameworks (Chen et al., 2016; Martin et al., 2023; Wulff et al., 2022) ermöglicht insofern zukünftig noch tiefere Analysen von Reflexionsprozessen. Einschränkend arbeitet die Studie am unteren Rand der notwendigen Datenmenge. Nichtsdestotrotz konnten die quantifizierten Auffälligkeiten mit einer Untersuchung der jeweiligen Originaltextstellen validiert werden.

Ausblick

Es ergeben sich zahlreiche Anschlussfragen zur Weiterentwicklung der Untersuchung. Der Zusammenhang von nicht-kognitiven Facetten bei Lehrkräften und den Leistungen von Schüler:innen ist, erstens, im Allgemeinen noch forschungsbedürftig (Lauermann & Butler, 2021) und muss, zweitens, in spezifischer Weise fachdidaktisch ausgestaltet werden (Flaherty, 2020). In der Lehre können solche Analysen die individuelle Bearbeitung von Studierendentexten erleichtern. Dozierende können den Ausdruck negativer Affekte adressieren, wenn sie auffällig zum Ausdruck gebracht werden. Außerdem werden systematisch auftretende positive Wahrnehmungen in Reflexionstexten anschlussfähig, ohne dass überhaupt erst mit viel manuellem Aufwand danach gesucht werden muss. Alternativ können derartige Analysen selbst zum Reflexionsgegenstand werden, indem die Studierenden die Analyse ihrer Texte erhalten und sich dazu verhalten können.

Literatur

Benoit, K., & Matsuo, A. (2020). *spacyr: Wrapper to the "spaCy" "NLP" Library* (1.2.1) [Computer software]. https://CRAN.R-project.org/package=spacyr

Chen, Y., Yu, B., Zhang, X., & Yu, Y. (2016). Topic modeling for evaluating students' reflective writing: A case study of pre-service teachers' journals. *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK '16*, 1–5. https://doi.org/10.1145/2883851.2883951

Cramer, C., Harant, M., Merk, S., Drahmann, M., & Emmerich, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnnen- und Lehrerberuf. *Zeitschrift für Pädagogik*, *65*(3), 401–423. https://doi.org/10.25656/01:23949

Flaherty, A. A. (2020). A review of affective chemistry education research and its implications for future research. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(3), 698–713. https://doi.org/10.1039/C9RP00200F

Fortus, D., Lin, J., Neumann, K., & Sadler, T. D. (2022). The role of affect in science literacy for all. *International Journal of Science Education*, *44*(4), 535–555. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2036384

Heinitz, B., Szogs, M., Förtsch, C., Korneck, F., Neuhaus, B. J., & Nehring, A. (2022). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften. Eine vergleichende Gegenüberstellung von Ansätzen zwischen Fachspezifik und Generik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *28*(1), 10. https://doi.org/10.1007/s40573-022-00146-5

Kayima, F. (2022). The Role of Reflective Practice in Mediating Development of Pre-Service Science Teachers' Professional and Classroom Knowledge. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, *18*(1). https://doi.org/10.21601/ijese/11364

Köper, M., & Schulte im Walde, S. (2016). Automatically Generated Affective Norms of Abstractness, Arousal, Imageability and Valence for 350 000 German Lemmas. *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation*, 2595–2598.

Kubsch, M., Fortus, D., Neumann, K., Nordine, J., & Krajcik, J. (2022). The interplay between students' motivational profiles and science learning. *Journal of Research in Science Teaching*. https://doi.org/10.1002/tea.21789

Kubsch, M., Krist, C., & Rosenberg, J. M. (2022). Distributing epistemic functions and tasks—A framework for augmenting human analytic power with machine learning in science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, tea.21803. https://doi.org/10.1002/tea.21803

Lauermann, F., & Butler, R. (2021). The elusive links between teachers' teaching-related emotions, motivations, and self-regulation and students' educational outcomes. *Educational Psychologist*, *56*(4), 243–249. https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1991800

Martin, P. P., Kranz, D., Wulff, P., & Graulich, N. (2023). Exploring new depths: Applying machine learning for the analysis of student argumentation in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, tea.21903. https://doi.org/10.1002/tea.21903

Nelson, L. K. (2020). Computational Grounded Theory: A Methodological Framework. *Sociological Methods & Research*, *49*(1), 3–42. https://doi.org/10.1177/0049124117729703

Nelson, L. K., Burk, D., Knudsen, M., & McCall, L. (2021). The Future of Coding: A Comparison of Hand-Coding and Three Types of Computer-Assisted Text Analysis Methods. *Sociological Methods & Research*, *50*(1), 202–237. https://doi.org/10.1177/0049124118769114

Resch, K. (2021). Praxisrelevanz der Hochschullehre durch den Service-Learning-Ansatz und andere praxisorientierte Methoden stärken. In *Rigour and Relevance: Hochschulforschung im Spannungsfeld zwischen Methodenstrenge und Praxisrelevanz* (Vol. 2, pp. 131–144). Waxmann.

Resch, K., & Schrittesser, I. (2021). Using the Service-Learning approach to bridge the gap between theory and practice in teacher education. *International Journal of Inclusive Education*, 1–15. https://doi.org/10.1080/13603116.2021.1882053

Stender, J., Watson, C., Vogelsang, C., & Schaper, N. (2021). Wie hängen bildungswissenschaftliches Professionswissen, Einstellungen zu Reflexion und die Reflexionsperformanz angehender Lehrpersonen zusammen? *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption*, *Gestaltung und Diskussion*, 229–248. https://doi.org/10.11576/HLZ-4057

Watanabe, K. (2021). Latent Semantic Scaling: A Semisupervised Text Analysis Technique for New Domains and Languages. *Communication Methods and Measures*, *15*(2), 81–102. https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1832976

Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Bridging the Gap Between Qualitative and Quantitative Assessment in Science Education Research with Machine Learning—A Case for Pretrained Language Models-Based Clustering. *Journal of Science Education and Technology*, *31*(4), 490–513. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09969-w

Tom Konrad Anton[1]
Christiane S. Reiners[1]

[1]Universität zu Köln

Didaktische Transformation von SSI am Beispiel Mikroplastik: Chemielehrer*innen in der Verantwortung

Der OECD-Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 1999) folgend, sollen Lernende naturwissenschaftliches Wissen zur fundierten Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen nutzen, um Veränderungen in der natürlichen Welt zu verstehen und an entsprechenden Entscheidungsprozessen erfolgreich mitzuwirken. Konkret zielt eine naturwissenschaftliche Grundbildung damit auf eine Orientierung in der Lebenswelt ab, doch diese ist etwa in Bezug auf gesellschaftliche Herausforderungen, wie Mikroplastik, durch verschiedene und kontroverse Perspektiven geprägt, zu deren Beurteilung neben naturwissenschaftlichen Aspekten auch politische, soziale und wirtschaftliche Belange notwendig sind. Eine Möglichkeit, um diese Implikationen einzulösen, stellen die sogenannten *Socioscientific Issues* (Sadler et al., 2007) dar. Sie bieten einen Rahmen für die Thematisierung gegenwärtiger, kontroverser und lebensrelevanter gesellschaftlicher Problemstellungen, die konzeptionell mit den Naturwissenschaften verbunden sind und dessen Problemlösungen unbestimmt sind (Hancock et al., 2019; Zeidler et al., 2019; Chen & Xiao, 2021). Das Thema Mikroplastik ist neben anderen SSI eine geeignete Problemstellung, denn es findet sich nahezu überall und die Auswirkungen, die es auf Menschen, Tiere und Umwelt haben kann, sind nicht vollends nachgewiesen (Rochmann et al., 2022). Darüber hinaus wird Mikroplastik im Konzept der planetaren Grenzen wegen des zugeschriebenen Potenzials für ungewollte geophysikalische oder biologische Auswirkungen berücksichtigt (Steffen et al., 2015).
Wenn der weinertsche Kompetenzbegriff (2001) zugrunde gelegt wird, kann Kompetenz als eine Disposition aufgefasst werden, „die Personen befähigt, bestimmte Arten von Problemen erfolgreich zu lösen, also konkrete Anforderungssituationen eines bestimmten Typs zu bewältigen“ (Klieme et al., 2003, S. 72). Damit rücken das Arrangieren von Anforderungssituationen durch Lehrende und das Bewältigen von diesen durch Lernende in den Fokus. Diese konkreten Anforderungssituationen können dem didaktischen Prinzip der Handlungsorientierung (Gudjons, 2014; Jank & Meyer, 2021) folgend derart gestaltet werden, dass ganzheitlich und schüleraktiv Produkte mit dem Ziel gestaltet werden, naturwissenschaftliche Bildung zu einem aktiven, kritischen und lebenslangen Unterfangen zu transformieren (Hodson, 2014). Aufgrund dieser Erfahrungen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie zu aktiven Bürger*innen der Gesellschaft heranwachsen (Kujawski, 1994), sie durch die naturwissenschaftliche Grundbildung zu SSI-bezogenem Handeln befähigt werden und anderen Menschen gegenüber als Multiplikator*innen wirken.
Um den Bildungsauftrag der Befähigung zur gesellschaftlichen Partizipation verantwortlich einzulösen, sind neben allgemein- und chemiedidaktischen Perspektiven auch Perspektiven der politischen Bildung relevant. Nach Klippert (1991) können drei zentrale Handlungsfelder eines handlungsorientierten Politikunterrichts differenziert werden. Sie ermöglichen, auch im Chemieunterricht, eine Strukturierung verschiedener Unterrichtsmethoden, d. h. vom *produktiven Gestalten* (bspw. eine Visualisierung der Auswirkungen von Mikroplastik für Menschen, Tiere und Umwelt) über *simulatives Handeln* (bspw. durch ein Rollenspiel zur Verwendung von Mikroplastik in Kosmetika) zum *realen Handeln* (bspw. durch Befragungen

zu Mikroplastik im Alltag oder Engagement zur Reduktion von Mikroplastik). Durch einzelne Unterrichtsmethoden können auch im Chemieunterricht die verschiedenen Facetten politischen Handelns (*Artikulieren, Argumentieren, Verhandeln, Entscheiden*) nach Massing (2013) – bspw. in einer Fish-Bowl Diskussion zu möglichen Umweltfolgen von Mikroplastik – erprobt werden. Um der Verantwortung zur Vermittlung einer SSI-reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung nachzukommen, sind Chemielehramtsstudierende durch ihre Ausbildung jedoch eher schlecht vorbereitet (Saunders & Rennie, 2013; Tidemand & Nielsen, 2017; Herman, Feldmann & Vernaza-Hernandez, 2017; Chen & Xiao, 2021), weshalb in diesem Forschungsprojekt eine Intervention für Chemielehramtsstudierende konstruiert, erprobt und erforscht worden ist (Anton & Reiners, 2022; ebd., 2023).

Forschungsdesign

Um sich der Forschungsfrage (*Inwiefern lassen sich über SSI bei Chemielehramtsstudierenden Kompetenzen zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung fördern?)* des Projekts zu nähern, gilt es zum einen, die Bereitschaften und Sichtweisen zur Vermittlung einer solchen naturwissenschaftlichen Grundbildung, zum anderen die konkret gestalteten Produkte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in Form von Lernarrangements, die u. a. handlungsorientierte Arbeitsaufträge enthalten, zu untersuchen. Im Rahmen dieses Beitrags soll Letzteres im Hinblick auf die Ergebnisse zur Einschätzungsdimension der handlungsorientierten Arbeitsaufträge perspektiviert werden. Handlungsorientierte Arbeitsaufträge stellen dabei Anweisungen an die Lernenden für Lernaktivitäten dar, um ihr erworbenes Wissen in Bezug zum SSI-Kontext konkret aktiv handelnd anzuwenden. Es werden Ergebnisse aus zwei explorativ-qualitativen Studien mit Chemielehramtsstudierenden vorgestellt, die aufgrund der COVID19-Pandemie online stattfanden und an denen die Chemielehramtsstudierenden freiwillig teilgenommen haben. An der Studie des Wintersemesters 2020/21 nahmen 14 Chemielehramtsstudierende am Ende ihres Bachelor- bzw. zu Beginn ihres Masterstudiums im Rahmen eines Projektseminars teil und zur Studie des Wintersemesters 2021/22 zählten 23 Chemielehramtsstudierende zu Beginn ihres Masterstudiums im Rahmen eines Fachdidaktikseminars. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden zu verschiedenen Aspekten des Themas Mikroplastik erstellte Lernarrangements in Form von schriftlichen Seminararbeiten mit einer skalierenden Strukturierung (anhand von fünf Einschätzungsdimensionen mit jeweils vier Niveaus; vorgestellt in Anton & Reiners, 2023) im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) untersucht. Es ergaben sich für diese Einschätzungsdimension folgende Intercoderreliabilitäten: Für die Daten der Studie des Wintersemesters 2020/21 ergab sich ein Cohens-Kappa von 0,82 und für die des Wintersemesters 2021/22 ein Cohens-Kappa von 0,81.

Ergebnisse

Die Skalierung der Einschätzungsdimension zu handlungsorientierten Arbeitsaufträgen ist angelehnt an das ICAP-Framework (Chi & Wylie, 2014), nach welchem Lernerfolg in dem Maße, in dem Lernende sich mit Lernmaterial beschäftigen, zunimmt. Bezüglich der Definition der einzelnen Niveaus ist derart vorgegangen worden, dass Niveau 0 vergeben wird, wenn kein handlungsorientierter Arbeitsauftrag vorliegt und nur fachliche Aspekte im Vordergrund stehen. Niveau 1 wird vergeben, wenn eine Auseinandersetzung mit einem SSI-

Aspekt in Eigenarbeit im Hinblick auf Probleme, Argumente sowie Sichtweisen und ohne ein sich selbst in Bezug setzen, erfolgt. Niveau 2 wird vergeben, wenn eine aktive auseinandersetzende Positionierung in Eigenarbeit (ohne weitere Personen) zum SSI-Aspekt und dessen Diskursen erfolgt. Niveau 3 wird kodiert, wenn sich Lernende im Diskurs aktiv mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position auseinandersetzen.
Innerhalb der Studie des Wintersemesters 2020/21 ist es über 75 % der Chemielehramtsstudierenden (mit Blick auf die Endniveaus) gelungen, handlungsorientierte Arbeitsaufträge mit Bezug zum SSI-Kontext zu formulieren. Dabei konnte die relative Mehrheit (über 40 %) der Chemielehramtsstudierenden dieser Studie handlungsorientierte Arbeitsaufträge formulieren, die sich Niveau 3 zuordnen lassen. 21 % der Chemielehramtsstudierenden erreichten als Endniveau Niveau 2, 14 % Niveau 1 und 22 % Niveau 0. Innerhalb der Studie des Wintersemesters 2021/22 ist es über 90 % der Chemielehramtsstudierenden gelungen, handlungsorientierte Arbeitsaufträge mit Bezug zum SSI-Kontext zu formulieren. Dabei konnte die Mehrheit (über 70 %) der Chemielehramtsstudierenden dieser Studie handlungsorientierte Arbeitsaufträge formulieren, die sich Niveau 3 zuordnen lassen. Im Vergleich zu Niveau 1 mit 0 % überwiegt der Anteil von Niveau 2 mit 17 %.
Um darzustellen, inwiefern sich die Einschätzungsdimension handlungsorientierte Arbeitsaufträge anwenden lässt, wird folgendes Beispiel angeführt, das Niveau 3 zugeordnet worden ist und didaktisch in eine Diskussion mit der Fragestellung, ob man Plastik und Mikroplastik in einem fiktiven Schulkiosk reduzieren solle, eingebettet ist. *„Finde dich mit den anderen Mitschülern, die die gleiche Rolle haben zusammen und sammelt aus den in den letzten Stunden erarbeiteten Erkenntnissen sowie aus Hinweisen im Text dieser Rollenkarte Argumente, die zu deiner Rolle und zum Ziel deiner Rolle passen. Ihr dürft auch zusätzliche Informationen zu diesem Thema aus dem Internet recherchieren. Bedenkt jedoch auch das Material aus den letzten Stunden. Ihr habt 30 Minuten Zeit. Danach bestimmt ihr je zwei Personen aus eurer Gruppe zum Diskutieren“* (MP_2NQGB_LA, S. 24). Hier sollen die Lernenden aktiv simulativ mit Anderen im Diskurs anhand eines lebensnahen Kontextes handeln (Klippert, 1991). Dabei werden alle Facetten politischen Handelns nach Massing (2013) zugänglich gemacht, denn es werden Argumente zu einer Personenrolle artikuliert, diese werden in der Gruppe verhandelt, um sie dann argumentierend in einer Diskussion zu nutzen, an deren Ende eine Entscheidung bezüglich des fiktiven Schulkioskes steht.

Schlussfolgerungen

Die Mehrheit der Chemielehramtsstudierenden konnte hochwertige handlungsorientierte Arbeitsaufträge formulieren. Durch diese entsteht fachdidaktisch ein Möglichkeitsraum, um unter Einbeziehung der Facetten politischen Handelns nach Massing (2013) die Verantwortung, zum realen Handeln (Klippert, 1991) zu befähigen, einzulösen. Diese Intervention kann und soll angehenden Chemielehrer*innen ermöglichen, exemplarisch Ansätze und Begründungen planerisch aus einer Theorieperspektive kennenzulernen, um zukünftig solche Lernangebote anbieten zu können. Die Ergebnisse unterstreichen, dass es zur didaktischen Transformation von SSI weiterer Kompetenzen im Hinblick auf SSI-bezogenes Fachwissen, Wissen über Zusammenhänge von Chemie und Gesellschaft sowie Wissen über (fach-)didaktische Begründungszusammenhänge bedarf. Hierfür sind auch motivational-volitionale Bereitschaften notwendig.

Literatur

Anton, T. K. & Reiners, Ch. S. (2022). Smart Chemistry Teachers Cologne (SChemTeC) – ein Projekt in der Chemielehrer:innenbildung zur Förderung naturwissenschaftlicher Bildung. CHEMKON, 29, 275–279.

Anton, T. K. & Reiners, Ch. S. (2023). Didaktische Transformation von SSI am Beispiel von Mikroplastik. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt (S. 83–86), GDCP-Jahrestagung in Aachen 2022. Duisburg-Essen: GDCP.

Chen, L. & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. Educational Research Review, 32, 100377.

Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist, 49(4), 219–243.

Gudjons, H. (2014). Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung - Selbsttätigkeit - Projektarbeit. Erziehen und Unterrichten in der Schule (8., aktualisierte Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T. & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. Science & Education, 28(6–7), 639–667.

Herman, B. C., Feldman, A. & Vernaza-Hernandez, V. (2017). Florida and Puerto Rico Secondary Science Teachers' Knowledge and Teaching of Climate Change Science. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(3), 451–471.

Hodson, D. (2014). Putting Your Money Where Your Mouth Is: Towards an Action-oriented Science Curriculum. Journal of Activist Science & Technology Education, 1(1).

Jank, W. & Meyer, H. (2021). Didaktische Modelle (14. Auflage). Berlin: Cornelsen.

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P. et al. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. Bonn: BMBF.

Klippert, H. (1991). Handlungsorientierter Politikunterricht. Anregungen für ein verändertes Lehr-/Lernverständnis. In W. Cremer (Hrsg.), Methoden in der politischen Bildung – Handlungsorientierung (S. 9-30). Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.

Kujawski, H. (1994). Handlungsorientierter Unterricht in der kaufmännischen Berufsschule: Defizite in der Theorie - Probleme in der Praxis (Oldenburger VorDrucke: H.230). Oldenburg: ZpB.

Massing, P. (2013). WIE KANN DIE POLITISCHE HANDLUNGSFÄHIGKEIT DER LERNENDEN GEFÖRDERT WERDEN? In S. Frech & D. Richter (Hrsg.), Politische Kompetenzen fördern (S. 60–77). Schwalbach/Ts.: Wochenschau.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim: Beltz.

OECD. (1999). Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment. Paris: OECD.

Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K. et al. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. Environmental Toxicology and Chemistry, 38(4), 703–711.

Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? Research in Science Education, 37(4), 371–391.

Saunders, K. J. & Rennie, L. J. (2013). A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. Research in Science Education, 43(1), 253–274.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E. et al. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855.

Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. International Journal of Science Education, 39(1), 44–61.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen (S. 17–32). Weinheim: Beltz.

Zeidler, D. L., Herman, B. C. & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 1(1).

Markus Obczovsky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]
Thomas Schubatzky[2]

[1]Universität Graz
[2]Universität Innsbruck

Fachdidaktisches Analysieren von Unterrichtsmaterial im Studium lernen

Problemstellung

Unterrichtsmaterialien (UM) sind eine wichtige Inspiration für Lehrkräfte, um Entscheidungen für die Gestaltung von Unterricht zu treffen (Remillard 2005). In der Physikdidaktik gibt es daher eine längere Tradition, evidenzbasierte UM zur Verfügung zu stellen, um so Erkenntnisse aus der physikdidaktischen Forschung in die Schulpraxis zu bringen. Diese Strategie allein scheint jedoch nicht erfolgsversprechend zu sein (Breuer 2021), weil Lehrkräfte z.B. essenzielle Features dieser UM teilweise nicht erkennen oder nicht akzeptieren (Obczovsky et al. 2021; Breuer 2021). Wir wollen daher Lehr-Lernarrangements (LLAs) im Physiklehramtsstudium implementieren, in denen Studierende unterstützt werden, eine Strategie zu entwickeln wesentliche Features zu entdecken und die Akzeptanz gegenüber evidenzbasierter UM zu erhöhen – bzw. diese als grundlegende Entscheidungshilfe zur Gestaltung von Unterricht zu begreifen. Unserem Ansatz liegt die Annahme zugrunde, dass es solch eine geeignete Strategie zur Unterstützung von Studierenden gibt. Um diese Annahme empirisch überprüfen zu können, muss zuerst eine potentiell geeignete Strategie zur Analyse von UM basierend auf Literatur entwickelt werden und Studierende müssen sich diese Strategie aneignen und akzeptieren. In einem Design-Based Research (DBR) Projekt (Reinmann 2005) wollen wir forschungsbasiert so eine potentiell "geeignete" Strategie entwickeln und untersuchen, wie Studierende in LLAs unterstützt werden können (1) diese Strategie anzuwenden, (2) zu akzeptieren und (3) zu verinnerlichen. Wir entwickelten zyklisch eine Sequenz prototypischer LLAs und implementierten diese in einem fachdidaktischen Bachelorseminar (empfohlen im 6.Semester). In diesem Beitrag stellen wir das Design der zweiten Version dieser Sequenz und ausgewählte Ergebnisse vor.

Design der Lehr-Lernarrangements

Eine Designannahme (D1) ist, dass ein Scaffold Studierende bei der Analyse von UM unterstützt, indem es sie auf verschiedene Perspektiven auf UM aufmerksam macht (basierend auf Ben-Peretz et al. 1982; Davis 2006), wie z.B. Darstellungen oder Analogien. Wir entwickelten den REF-Raster (Repräsentation Essenzieller Features) als ein Scaffold in Form einer Tabelle, das den Studierenden eine Strategie bietet UM zu analysieren (Obczovsky et al. 2023, 2022). Da Studierende dazu tendieren, bevorzugt auf fachliche Inhalte in UM zu achten (Ben-Peretz et al. 1982), soll der REF-Raster Studierende unterstützen, UM aus verschiedenen fachdidaktischen Perspektiven (fachliche Grundideen, Modelle & Analogien, Repräsentationsformen und 13 weitere) zu analysieren, um verschiedene Features der UM wahrzunehmen und über deren Rolle für die Lernprozesse der Schüler:innen zu reflektieren. Der REF-Raster ist eine A4-Tabelle mit einer Beschreibung der fachdidaktischen Perspektiven, ein bis zwei Beispielen korrespondierender Essenzieller Features (Merkmale der UM, die Lernprozesse der Schüler:innen unterstützen) und mögliche Begründungen, warum diese Essenziellen Features aus fachdidaktischer Sicht Lernprozesse unterstützen. Eine zweite Designannahme (D2) ist, dass die Verwendung des Scaffolds in mehreren LLAs Studierenden hilft, diese Strategie zur Analyse von UM zu verinnerlichen (basierend auf Drake et al. 2014).

Dementsprechend wurde für den zweiten Zyklus die Sequenz an LLAs überarbeitet und auf sieben Einheiten zu je 135 Minuten erweitert. Vier zentrale LLAs:

1. „Kaffeezimmer 1“: Die Studierenden bekommen in Einzelarbeit Textvignetten, in denen sie sich mit der fiktiven Kollegin Andrea im Kaffeezimmer einer Schule über UM aus dem Internet austauschen (Kapitel „Farbige Körper“ aus Frankfurt/Grazer Optikkonzeption, Haagen-Schützenhöfer 2016). Die Studierenden erstellen für Andrea unter anderem eine Liste mit Essenziellen Features inklusive einer Begründung, warum diese wesentlich für den Lernerfolg sein sollen (90 min).
2. „Analyse mit REF-Raster“: Die Studierenden analysieren in 3-4er Gruppen jeweils ein weiteres Kapitel der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption mit dem REF-Raster und erstellen für jede fachdidaktische Perspektive des REF-Rasters ebenfalls eine Liste mit wesentlichen Features inklusive Begründung. (120 min)
3. „Kaffeezimmer 2“: Die Studierenden bearbeiten in Einzelarbeit dieselben Textvignetten und dieselben Arbeitsaufträge, wie in „Kaffeezimmer 1“. (90 min)
4. „Fachgruppensitzung“: Die Studierenden sollen in 2-3er Gruppen mithilfe von UM die Unterrichtskonzeption Elektrizitätslehre mit Potential (EPO, Burde 2018) in einer fiktiven Fachgruppensitzung an ihrer Schule auf einem Plakat vorstellen. Zu diesem Zweck erstellen die Studierenden das Plakat und verfassen ein Reflexionsschreiben, in dem sie ihr Vorgehen beschreiben und reflektieren, wie sie z.B. ihre Entscheidungen treffen, welche Aspekte der Unterrichtskonzeption sie auf dem Plakat darstellen. (120 min)

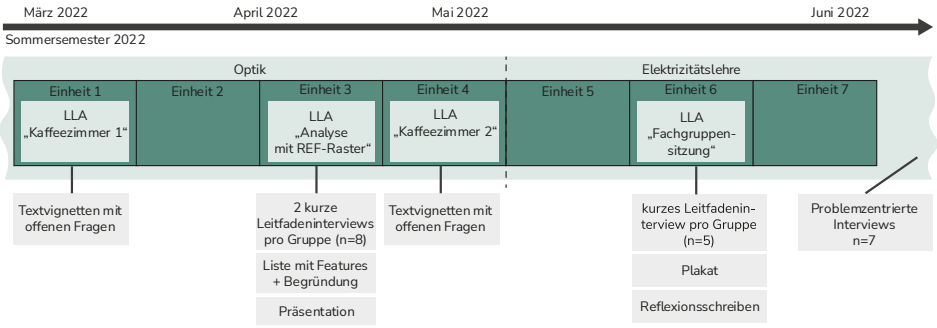


Abb. 1: Schematische Darstellung des Ablaufs der Sequenz von LLAs des zweiten Zyklus mit vier zentralen LLAs inklusive Datenerhebungen

Methoden

Die Datenerhebungen (Interviews und diverse Lernprodukte) erfolgten in den vier zentralen LLAs im Sommersemester 2022 in dem Bachelorseminar „Fachdidaktik: Magnetismus, Elektrizitätslehre, Optik“ (siehe Abb. 1). An dem Seminar nahmen 13 Physiklehramtsstudierende teil und sieben davon nahmen zusätzlich freiwillig an problemzentrierten Interviews zwei bis vier Wochen nach der Sequenz teil. Die Audioaufnahmen der Interviews wurden transkribiert und gemeinsam mit verschiedenen Lernprodukten (Plakate, Reflexionsschreiben, Textvignetten mit offenen Fragen) angelehnt an Kuckartz (2018) inhaltlich-strukturierend mit deduktiven Hauptkategorien und induktiven Subkategorien analysiert. Mithilfe der verschiedenen Datenquellen wurde trianguliert, inwieweit die Studierenden durch die Verwendung des REF in mehreren LLAs unterstützt werden, sich die angebotene Strategie zur Analyse von UM anzueignen (D2). Dafür wurde unter anderem beleuchtet 1) wie Studierende bei der Analyse der UM zu EPO in der letzten zentralen LLA „Fachgruppensitzung“ vorgehen, 2) welche fachdidaktischen Perspektiven auf die UM sie einnehmen (sprich: welche Features sie als essenziell wahrnehmen) und 3) wie sie ihre Entscheidung begründen, welche Aspekte der Unterrichtskonzeption EPO sie am Plakat für die fiktive Fachgruppe vorstellen.

Zentrale Ergebnisse

Die Studierenden übernehmen die angebotene Strategie des REF-Rasters nur bedingt und unterschiedlich zur Analyse der UM in der LLA „Fachgruppensitzung“. Drei Gruppen nehmen aktiv den REF-Raster zur Hilfe. Dabei geht eine dieser Gruppen systematisch jede der Perspektiven durch, eine orientiert sich anfangs sehr stark am REF-Raster, lässt ihn dann aber zusehends weg und eine schaut sich den REF-Raster lediglich zu Beginn kurz als Orientierung an. Die anderen zwei Gruppen gehen „nicht wirklich strategisch […]“ (Interview S9) vor.
Dennoch lassen sich Muster bei allen Gruppen feststellen: Die Studierenden scheinen sich z. B. intensiver mit Perspektiven auf Unterrichtsmaterialien zu beschäftigen, wenn sie diese Perspektiven für wichtig halten. Für Studierende spielen besonders *fachliche Grundideen*, *Reihenfolge zentraler Ideen, Modelle & Analogien* und *Repräsentationsformen* eine wichtige Rolle für Lernprozesse der Schüler:innen. Jede Gruppe stellt vorwiegend Features dieser vier Perspektiven auf dem Plakat dar und die Mehrheit der Studierenden betont in Interviews die Wichtigkeit dieser Perspektiven im Kontext der LLA „Fachgruppensitzung“ (Abb. 2).

Fachdidaktische Perspektive	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4		Gruppe 5	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
Fachliche Grundideen										
Modelle, Analogien										
Repräsentationsformen										
Reihenfolge d. Grundideen										
Weggelassene Grundideen										
Kontexte										
Begriffs- und Konzeptwechselstrategien										
Andere Perspektiven										

Abb. 2: Fachdidaktische Perspektiven auf UM der fünf Gruppen am Plakat (P) und in Interviews / Reflexionsschreiben als besonders wichtige Perspektive betont (I). Hell: An einer Stelle dargestellt oder betont; Dunkel: Mehr als einmal dargestellt oder betont.

Die LLA „Kaffeezimmer 1“ zeigte, dass die Studierenden erwartungsgemäß vor allem die Perspektive *fachliche Grundideen* einnehmen, wenn sie sich mit den UM auseinandersetzen. In der LLA „Fachgruppensitzung“ – nach expliziten LLAs zur Analyse von UM aus den Perspektiven *Modelle & Analogien* und *Repräsentationsformen* – erachten sie diese in Interviews als wichtig, nehmen vermehrt Features dieser Perspektiven in UM wahr und argumentieren z. T. fachdidaktisch sinnvoll über die Rolle dieser Features für Lernprozesse.

Diskussion und Ausblick

Der REF-Raster bietet in der verwendeten Version 16 fachdidaktische Perspektiven, von denen ungefähr 10 Perspektiven sinnvoll auf die UM anwendbar wären, und die Studierende fokussieren sich allesamt auf dieselben vier Perspektiven, die sie gegen Ende der LLAs als wichtig erachten. Die Studierenden scheinen ihre „wichtigen“ Perspektiven um jene Perspektiven zu erweitern, die durch gezielte LLAs bei der Analyse von UM adressiert wurden. Das spricht dafür, über einen längeren Zeitraum, etwa über mehrere Seminare oder das gesamte Studium hinweg, Schritt für Schritt neue fachdidaktische Perspektiven zum Repertoire der Studierenden durch solche LLAs hinzuzufügen, um so Studierende zu unterstützen langfristig eine Strategie zur Analyse von Unterrichtsmaterialien zu entwickeln. Diese Ergebnisse bieten die Basis für weitere Designannahmen, die empirisch untersucht werden müssen, und eine Adaption der LLAs und des REF-Rasters (aktuelle Version).

Literatur

Ben-Peretz, Miriam; Katz, Sarah; Silberstein, Moshe (1982): Curriculum interpretation and its place in teacher education programs. In: *Interchange* (13), Artikel 4, S. 47–55. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/miriam-ben-peretz/publication/226232332_curriculum_interpretation_and_its_place_in_teacher_education_programs/links/5d00b253a6fdccd130941e6a/curriculum-interpretation-and-its-place-in-teacher-education-programs.pdf.

Breuer, Judith (2021): Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Berlin: Logos Berlin, Germany (Studien zum Physik- und Chemielernen, 314).

Burde, Jan-Philipp (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells: Logos Verlag Berlin. Online verfügbar unter https://zenodo.org/record/1320127.

Davis, Elizabeth A. (2006): Preservice elementary teachers' critique of instructional materials for science. In: *Science Education* 90 (2), S. 348–375. DOI: 10.1002/sce.20110.

Drake, Corey; Land, Tonia J.; Tyminski, Andrew M. (2014): Using educative curriculum materials to support the development of prospective teachers' knowledge. In: *Educational Researcher* 43 (3), S. 154–162. DOI: 10.3102/0013189X14528039.

Haagen-Schützenhöfer, Claudia (2016): Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Kumulierte Habilitationsschrift. Universität Graz, Graz.

Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Germany, Basel, Switzerland: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm?bok_id/2513416.

Obczovsky, Markus; Haagen-Schützenhöfer, Claudia; Schubatzky, Thomas (2021): Use and fidelity of implementation of innovative curriculum materials in school practice. ESERA 2021, Posterbeitrag. Braga, Portugal, 2021.

Obczovsky, Markus; Schubatzky, Thomas; Haagen-Schützenhöfer, Claudia (2022): Essenzielle Features der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption. In: *Phydid-B*. Online verfügbar unter https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1265.

Obczovsky, Markus; Schubatzky, Thomas; Haagen-Schützenhöfer, Claudia (2023): Supporting Preservice Teachers in Analyzing Curriculum Materials. In: *Education Sciences* 13 (5), S. 518. DOI: 10.3390/educsci13050518.

Reinmann, Gabi (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: *Zeitschrift für Lernforschung* 33 (1), S. 52–69. Online verfügbar unter https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=5787.

Remillard, Janine T. (2005): Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. Review of Educational Research, 75(2), 211-246. In: *Review of Educational Research* 75 (2), S. 211–246. DOI: 10.3102/00346543075002211.

Antonio Rueda[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

BNE im Nawi-Unterricht: Nur Umweltbildung?

Einleitung

Das Anstreben der Nachhaltigkeitsziele (vgl. z. B. Vereinte Nationen 2022) impliziert für Schule, dass die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) nicht nur durch punktuelle interdisziplinäre Projekte realisiert wird. Im Fachunterricht, u. a. dem naturwissenschaftlichen, soll BNE ebenfalls betrieben werden (DLR 2019, Schreiber & Siege 2016).

Theoretischer Hintergrund

Schon vor über 20 Jahren analysierte Jürgen Rost den Unterschied zwischen BNE und der damals bereits etablierten Umweltbildung (Rost 2002). Demnach impliziert die BNE zusätzliche komplexe, interdisziplinäre Aspekte aus globalen, sozioökonomischen Zusammenhängen, welche die Prüfung der eigenen Wertvorstellungen erfordern. Bei nachhaltigen Entscheidungen und Handlungen entsteht ein Spannungsverhältnis zwischen drei allgemeinen Dimensionen: *Umwelt* und deren natürliche Grenzen, sowie *wirtschaftliche* und *gesellschaftliche* Fundamente (vgl. z. B. Wilhelm et al. 2022). Der Kompetenzerwerb bei solchen transformativen Entscheidungs- und Handlungsprozessen wird anhand verschiedener Ansätze begründet: Gestaltungskompetenzen (de Haan 2008), Schlüsselkompetenzen (z. B. Brundiers et al. 2021), Nachhaltigkeitskompetenzen (Rieß et al. 2018) oder Action Competence (Olsson et al. 2022). Die unterschiedlichen Teilkompetenzen dieser Ansätze können in drei große Kompetenzbereiche eingegliedert werden, wie der *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung* (OLGE) vorschlägt: Erkennen, Bewerten und Handeln (Schreiber & Siege 2016). Im OLGE werden u. a. grundsätzliche Konzepte und Themen sowie deren Zusammenhang zur nachhaltigen Entwicklung ausgeführt, zudem praktische Umsetzungsvorschläge für den Unterricht unterschiedlicher Fach- und Bildungsbereiche erörtert. Die Kompetenzorientierung beruht auf den drei oben genannten Kompetenzbereichen, die in 11 Kernkompetenzen und 39 mögliche fachbezogenen Kompetenzen im Fall der Naturwissenschaften unterteilt werden. Zudem werden 11 große Themenbereiche und verschiedene Unterrichtsbeispiele beschrieben (vgl. ebd. S. 335 ff.). Unabhängig vom OLGE bietet der Lehrplan für den naturwissenschaftlichen Unterricht der 5. und 6. Jahrgangsstufe im Land Brandenburg vielfältige thematische Gelegenheiten, die einen Bezug zur BNE ermöglichen könnten (LISUM 2015).

Forschungsfrage

Aus den dargestellten Grundlagen ergibt sich die Frage, inwieweit BNE-Themen und BNE-Kompetenzen nach dem OLGE mithilfe aktueller Materialien und Maßnahmen im Rahmen des Nawi-Unterrichtes behandelt bzw. gefördert werden können.

Methodisches Vorgehen

Die Forschungsfrage wurden explorativ anhand von drei Abschlussarbeiten im Sommersemester 2023 angegangen. Dabei wurden qualitative Inhaltsanalysen (Mayring 2015 bzw. Kuckartz & Rädiker 2022) durchgeführt. Die Inhaltsanalysen basierten größtenteils auf dem OLGE.

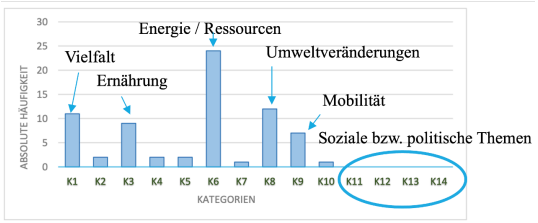
(a) Schulbuchanalyse
N = 3 Schulbücher für den Nawi-Unterricht wurden von Celina Bredereck untersucht: Natur und Technik (2023) vom Cornelsen-Verlag, Prisma Naturwissenschaften (2020) vom Klett-Verlag und Blickpunkt Naturwissenschaften (2022) vom Westermann-Verlag. Eine induktive Inhaltsanalyse der Themen (κ = .73) und eine deduktive Inhaltsanalyse der Kompetenzen (κ = .87) nach dem OLGE wurden durchgeführt.
(b) Analyse der Unterrichtsvorschläge von ChatGPT
Emily Rominger ließ ChatGPT in N = 15 Chats Themenvorschläge für den Nawi-Unterricht ausgeben, welche sie deduktiv auswertete (κ = .89). Simon Domrös befragte ChatGPT nach Unterrichtsentwürfen (N = 24) und analysierte die Inhalte der Antworten deduktiv (κ = 1). Sie gaben bei ChatGPT z. B. die Prompts „Wie kann BNE im Nawi-Unterricht behandelt werden?“ bzw. „Ich möchte einen Unterrichtsentwurf zu BNE für den Nawi-Unterricht“.
(c) Analyse von Interviews an außerschulischen Lernorten
Die Verantwortlichen von N = 8 „BNE-zertifizierten“ außerschulischen Lernorten in Brandenburg (https://www.bne-in-brandenburg.de/zertifizierung/verfahren) wurden über ihre Tätigkeit interviewt. 7 von ihnen haben einen konkreten Bezug zum Wald oder Naturschutz. Die Interviews dauerten zwischen 22 und 57 Minuten (Durchschnitt 40 Minuten). Die in den Antworten angesprochenen Themen wurden deduktiv von Angelina Lietz-Petroll ausgewertet. Die intendierte Kompetenzförderung analysierte Marlene Stocker ebenfalls deduktiv (κ = .43)

Ergebnisse

(a) Schulbücher (N = 3)
In der untenstehenden Tabelle werden die Kodierungen zusammengefasst. Dabei ist zu erkennen, dass die Umweltthemen und die Kompetenz Erkennen mehrheitlich kodiert wurden.

Teiluntersuchung	Nach Themen		Nach Kompetenzen		
Hauptmerkmal	Umwelt	Sozial/Politisch	Erkennen	Bewerten	Handeln
Anzahl Kodierungen (gesamt)	74	9	272	73	64

(b) Unterrichtsvorschläge von ChatGPT (N = 15 bzw. N = 24)
In den folgenden graphischen Darstellungen werden die Endergebnisse der Zuordnungen bzgl. der BNE-Themen (links) und BNE-Kompetenzen (rechts) gezeigt. Das Diagramm (links) zeigt beispielsweise, dass Themen mit sozialen bzw. politischen Bezug nicht von ChatGPT vorgeschlagen wurden. In der Tabelle zu den Kompetenzen (rechts) wird u. a. ersichtlich, dass „Bewerten“ bei den Unterrichtsentwürfen von ChatGPT unterrepräsentiert ist.



	Gesamt	
Informationsbeschaffung und -verarbeitung	12	
Erkennen von Vielfalt	3	→ Erkennen
Analyse des globalen Wandels	1	
Reflexion eigener und anderer Wertorientierungen	1	→ Bewerten
selbstständiges Handeln planen	9	
Solidarität und Mitverantwortung	16	→ Handeln
Partizipation und Mitgestaltung	8	

(c) Interviews an außerschulischen Lernorten (N = 8)
17 der insgesamt 21 Themen und alle 11 Kernkompetenzen des OLGE konnten in den verschiedenen Interviews kodiert werden. In der unteren Tabelle werden die sieben BNE-Themen präsentiert, die ca. 94 % der N = 535 Kodierungen ausmachten. Darin wird ebenfalls gezeigt, dass die drei grauunterlegten Kategorien (ca. 60 % aller Nennungen) eher einen

regionalen Bezug implizieren. Im Rahmen der zu fördernden Kompetenzen sind die Kompetenzbereiche relativ ausgeglichen. Zu beachten ist, dass Gesamtergebnisse dargestellt werden und somit die unterschiedlichen Schwerpunkte der Lernorte nicht erkennbar sind.

Teiluntersuchung	Thema / Kompetenzbereich	Anzahl Nennungen (gesamt)
Nach Themen	Landwirtschaft und Ernährung	144
	Vielfalt der Werte, Kulturen, Lebensverhältnisse	94 (44 in einem Interview)
	Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen / Energie	90
	Bildung	84
	Globale Umweltveränderungen	32
	Waren aus aller Welt	31
	Gesundheit und Krankheit	19
Nach Kompetenzen	Handeln	60
	Bewerten	52
	Erkennen	44

Diskussion

Mit diesen Ergebnissen kann die Forschungsfrage insofern beantwortet werden, als dass eine Behandlung von Themen und die Förderung von Kompetenzen für die BNE im Nawi-Unterricht möglich ist. Wenn aber BNE-unerfahrene Lehrkräfte Schulbücher oder ChatGPT bei der Unterrichtsvorbereitung zur BNE verwenden, würden sie mit höherer Wahrscheinlichkeit den Schwerpunkt auf das Erkennen und teilweise auf das Handeln im Rahmen von Umweltthemen und weniger auf das Bewerten soziökonomischer Faktoren legen. BNE-zertifizierte außerschulische Lernorte bieten ein größeres Spektrum an Kompetenzförderung an. Die Tatsache, dass die Mehrheit der Lernorte eher ein Fokus auf die lokale Umwelt legen, könnte ein Hinweis darauf geben, dass hier ebenfalls eher Umweltbildung statt BNE betrieben wird.

Als Limitation dieses Beitrags sind vor allem zwei Punkte, zu betrachten. Die Konkretisierungen der Themen bzw. Kompetenzen des OLGE in den Kategoriensystemen und Kodiermanualen waren unterschiedlich in den verschiedenen Studien, so dass die Vergleichbarkeit nur zum Teil aufgrund des Bezugs zum OLGE gewahrt ist. Außerdem können die vielen Themen und Kompetenzen des OLGE nicht vollständig voneinander abgegrenzt werden, wodurch die Reliabilität der Kategoriensysteme geringer ausfällt.

Fazit und Ausblick

Die hier ausgeführten explorativen Studien ergeben das Bild einer potentiellen BNE im Rahmen des Nawi-Unterrichts, die sich jedoch vornehmlich mit ökologischem Fachwissen und weniger mit kriteriengeleiteter Bewertung befasst. Wie aber z. B. Hößle und Menthe (2013) thematisierten, könnten Lehr-Lern-Strategien eher im Kompetenzbereich der Bewertung einen Katalysator für einen professionellen Umgang mit komplexen Widersprüchen oder konträre Überzeugungen im Rahmen der BNE repräsentieren. Die Weiterentwicklung von Lehr-Lern-Materialien mit dem Schwerpunkt auf den Kompetenzbereich Bewertung, in ähnlicher Form wie Eilks et al. für den Klimawandel (2011), scheint für Lehrkräfte nötig und wünschenswert zu sein (Waltner et al. 2021). Zugrundeliegende Gestaltungsprinzipien und Maßnahmen für die Steigerung der Selbstwirksamkeit (Hörsch et al. 2023, Olsson et al. 2022) könnten in Aus- und Weiterbildung implementiert werden.

Literatur

Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—Toward an agreed-upon reference framework. Sustainability Science, 16(1), 13–29.

de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde (S. 23–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

DLR e. V. (2019), National Action Plan on Education for Sustainable Development: The German contribution to the UNESCO Global Action Programme. https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/bmbf_nap_bne_en_screen_2.pdf?__blob=publicationFile

Eilks, I., Feierabend, T., Höttecke, D., Menthe, J., Hößle, C., Oelgeklaus, H., Mrochen, M., (2011): Der Klimawandel vor Gericht - Unterrichtmaterialien für den Fachunterricht oder fächerübergreifende Projekte, Köln: Aulis.

Hörsch, C., Scharenberg, K., Waltner, E.-M., & Rieß, W. (2023). Wie gelingt Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in der Schule? Eine empirische Studie zur Entwicklung von Nachhaltigkeitskompetenzen und zur Rolle der Lehrkraft. Die Deutsche Schule, 115(2), 105–116.

Hössle, C. & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In: Menthe, J., Hoettecke, D., Eilks, I., Hößle, C. (2013). Handeln in Zeiten des Klimawandels, Münster: Waxmann Verlag.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden* (5.Aufl.). Weinheim Basel: Beltz Juventa

Landesinstituts für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) (2015). Rahmenlehrplan Teil C Naturwissenschaften Jahrgangsstufen 5/6. Verfügbar unter: https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Nawi_5-6_2015_11_16_web.pdf (Zugegriffen: 12.10.2023)

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse.* Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.

Olsson, D., Gericke, N., & Boeve-de Pauw, J. (2022). The effectiveness of education for sustainable development revisited – a longitudinal study on secondary students' action competence for sustainability. Environmental Education Research, 28(3), 405–429.

Rieß, W., Mischo, C., Waltner, E.-M., 2018: Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schule und Hochschule. Auf dem Weg zu empirisch überprüfbaren Kompetenzen. In: GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 27, 298-305.

Rost, J. (2002). Umweltbildung—Bildung für nachhaltige Entwicklung. Was macht den Unterschied?

Schreiber, J. R., & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich: Globale Entwicklung (2. Akt. und erweit. Aufl.). Berlin: Heenemann.

Vereinte Nationen. (2022). *Ziele für nachhaltige Entwicklung*. Von Vereinte Nationen: https://unric.org/de/17ziele/ (Zugegriffen: 12.10.2023)

Waltner, E.-M., Rieß, W., Mischo, C., Hörsch, C. & Scharenberg, K. (2021). Abschlussbericht: Bildung für nachhaltige Entwicklung – Umsetzung eines neuen Leitprinzips und seine Effekte auf Schüler/-innenseite. Freiburg im Breisgau: Pädagogische Hochschule Freiburg.

Wilhelm, M., Amacker, V., & Rehm, M. (2022). Das Viabilitätsmodell: Vom Konzept der «sensitiven Nachhaltigkeit» in Hinblick auf die digitale Transformation lernen. In J. Weselek, F. Kohler, & A. Siegmund (Hrsg.), Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung (S. 9–21). Springer Berlin Heidelberg.

Leo Lutz[1] [1]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Von BNE zu „BENE:C – Das Planspiel“
Anbahnung eines Modells von der Kompetenz zur Handlung

Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) soll „mündige Nachhaltigkeitsbürger“ hervorbringen. Lernende sollen in die Lage versetzt werden, über die Auswirkungen ihrer Handlungen und ihrer Konsumentscheidungen kritisch zu reflektieren. Dazu benötigt es ein grundsätzliches Verständnis über Wirkmechanismen und deren (globale) Auswirkungen auf Andere bzw. auf die Umwelt (De Haan, 2002; Rieckmann, 2018). BNE ist der Bildungsansatz des im Brundtland-Bericht aus dem Jahr 1987 definierten Begriffs der Nachhaltigen Entwicklung NE. Die NE ist „*eine Entwicklung, die die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält*“ (United Nations, 1987; UNESCO). Rahmendbildend für eine NE sind die 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedeten Sustainable Development Goals (SDGs) (UNESCO, 2015). Die 17 SDGs beschreiben die wichtigsten globalen Herausforderungen, von deren erfolgreicher Bewältigung die Zukunft der nachfolgenden Generationen abhängt. Kern des Nachhaltigkeitsgedankens der United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) ist die Bereiche „Ökonomie“, „Ökologie“ und „Soziales“ so miteinander in Einklang zu bringen, dass ein größtmöglicher harmonischer Konsens erzielt wird (UNESCO, 2017). Die SDGs gehen von einer grundsätzlichen Vereinbarkeit der Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Soziales aus. In der Auslegung der UNESCO wird davon ausgegangen, dass in allen denkbar auftretenden Situationen alle drei Bereiche berücksichtigt, gleich stark gewichtet und miteinander vereinbar sind. Es gibt jedoch durchaus auch kritische Stimmen, die die Vereinbarkeit der drei Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Soziales in Frage stellen. Aus diesem Grund wurden andere Modelle Nachhaltiger Entwicklung konzipiert, die einer grundsätzlichen Vereinbarkeit der drei Bereiche widersprechen.

So stellen Vorrangmodelle der Nachhaltigkeit die Notwendigkeit einer Abwägung anstelle einer Vereinbarkeit in der jeweiligen Einzelsituation in den Raum. Für die Herbeiführung einer Entscheidungsfindung bedeutet dies, dass Ziele gegeneinander abgewogen werden. Einige Ziele werden stärker gewichtet, andere weniger stark, um selbst priorisierte übergeordnete Ziele zu erreichen (Griggs et al., 2013; Wilhelm et al., 2010; Wilhelm, 2021). Bei den Leitplankenmodellen der Nachhaltigkeit kommen neben der Notwendigkeit einer Abwägung noch moralische Diskurse hinzu (Grünwald & Kopfmüller, 2012). Allen gemeinsam liegen Konflikte zugrunde, bei denen Dilemmasituationen entstehen.

Erhebungsdesign im Projekt BENE:C – Das Planspiel im Bereich „chemische Industrie“
Das Erhebungsdesign ist in seiner Konzeption ausgerichtet auf die Durchführung innerhalb einer Regelunterrichts-Doppelstunde ab Klasse 8 als Prae-Post-Interventionsstudie mit vorliegender Kontrollgruppe. Das Projekt orientiert sich an der Theorie von Planspielen (Capaul & Ulrich, 2003; Reich, 2007; Karl, 2011). Nach einem vorangestellten Haltungstest und Fachwissenstest werden Handlungsentscheidungen erhoben, die die Schülerinnen und

Schüler als Leiter einer Chemiefirma im Verlaufe des Planspiels treffen müssen. Bei den zu treffenden Entscheidungen treten jeweils Dilemmasituationen auf zwischen den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales. Um den Bias der sozialen Erwünschtheit auszuschließen, werden die SuS im Vorfeld des Planspiels ermutigt, dass jede mögliche ihrer zu treffenden Entscheidungen durchaus ihre Berechtigung hat. Nach der Erhebung der Handlungsentscheidungen der SuS im Prae-Test folgt eine BNE-Intervention. Ein Post-Test wird durchgeführt und mündet in einer individualisierten Feedbackausgabe unter Berücksichtigung der Kriterien der „Zumutbarkeit" nach Moosbrugger und Kelava (2012). Abschließend wird erneut der Fachwissenstest durchgeführt. Das Projekt, einschließlich des eingesetzten Planspiels, ist in allen Teilen eine Eigenproduktion.

Forschungsfrage

Wie stark kann mithilfe der im Projekt verwendeten BNE-Intervention eine Handlungsentscheidungs-Änderung bewirkt werden?

Auswertung

Die Kategorisierung des Nachhaltigkeitsverhaltens orientiert sich im Projekt an der Auslegung im Sinne der UNESCO. Im Bereich „Nachhaltigkeitsverhalten" kann eine deutliche Erhöhung des nachhaltigen Entscheidungsverhaltens von 30 % (Prae) auf 52 % (Post) verzeichnet werden. Abbildung 1 zeigt die Anteile der gezeigten Verhaltensmuster der SuS bezüglich ihrer Entscheidungen im Planspiel. Abbildung 2 zeigt Boxplots der Fachwissensleistungen (FW-Score) der SuS.

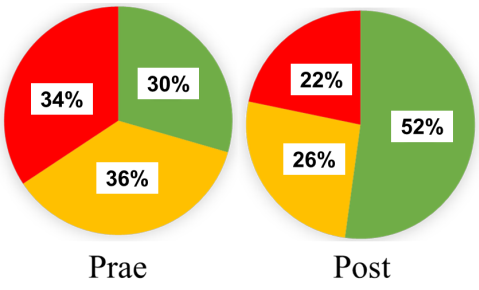


Abb. 1: NE-Verhalten der SuS Prae-Post
Grün – Fokus auf drei Dimensionen
Gelb – Fokus auf zwei Dimensionen
Rot – Fokus auf nur eine Dimension.

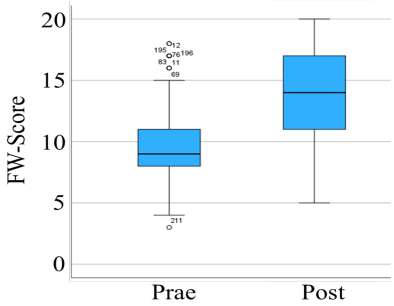


Abb. 2: FW-Scores der SuS Prae-Post.

Über die Verhaltensmuster der SuS wurde ein Nachhaltigkeitsscore (NE-Score) erstellt. Im NE-Score verbessern sich die SuS im Schnitt um 0.35 ± 1.055 zum Post-Test. Im FW-Score verbessern sich die SuS im Schnitt um 4.22 ± 3.257 zum Post-Test. Zum Zuwachs des Nachhaltigkeitsverhaltens sowie des Fachwissens kann ausgesagt werden, dass ein hochsignifikanter ($p < 0.001$) Unterschied zwischen Prae- und Post-Test erhalten wurde. Werden die Effektstärken betrachtet, so liegt für die Änderung des NE-Scores ein leichter Effekt (Punktschätzung Cohen's $d = 0.334$) und für die Änderung des FW-Scores ein starker Effekt (Punktschätzung Cohen's $d = 1.295$) vor (Cohen, 1988). Wichtig für die Einschätzung der erhaltene Ergebnisse ist zu beachten, dass bereits im Prae-Test als nachhaltig handelnd eingestufte Personen sich im Post-Test nicht verbessern können. Dies führt in der gezeigten

Untersuchung zu einem Deckeneffekt. Um den Einfluss des Deckeneffekts beurteilen zu können, wurden in einer zweiten Betrachtung nur all jene SuS betrachtet, die im Prae-Test nicht als nachhaltig handelnd eingestuft wurden. Diese SuS bilden die Personengruppe, die sich tatsächlich im Post-Test auch verbessern kann. Unter diesem Gesichtspunkt wird eine mittlere Effektstärke (Punktschätzung Cohen's d = 0.791) an der Grenze zu einem starken Effekt beobachtet (Cohen, 1988).

Kontrollgruppe
Der Effekt wird zurückgeführt auf die BNE-Intervention. Wird die Kontrollgruppe betrachtet, die die BNE-Intervention nicht erhalten hat, liegt ein hochsignifikanter ($p < 0.001$) Unterschied zwischen Prae und Post vor, jedoch ist die Effektstärke (Punktschätzung Cohen's d = -0.115) für den NE-Score nahe null. Für den Teil „Fachwissen", der gleichermaßen in der Kontrollgruppe wie in der Experimentalgruppe durchgeführt wurde liegt, wie erwartet, ein starker Effekt (Punktschätzung Cohen's d = 0.897) vor (Cohen, 1988). Damit zeigt sich ein erstes Indiz, dass die Zunahme des Fachwissens unabhängig von der Zunahme des Nachhaltigkeitsverhaltens ist. Beim Vergleich der Kontrollgruppe mit der Experimentalgruppe erhält man, dass der Levene-Test zur Überprüfung der Varianzgleichheit nicht signifikant ist, weshalb die Nullhypothese der Varianzgleichheit nicht verworfen werden muss. Unter der theoretischen Annahme, dass die Intervention sich allenfalls positiv auf das Handlungsentscheidungsverhalten der Probanden auswirkt, kann die gerichtete Hypothese geprüft werden, ob der Zuwachs des Nachhaltigkeitsverhaltens der Experimentalgruppe signifikant gesteigert ist zum Zuwachs des Nachhaltigkeitsverhaltens der Kontrollgruppe. Ein signifikanter Unterschied ($p = 0.042$) zwischen Kontrollgruppe und Experimentalgruppe wird beobachtet.

Limitationen
Aufgrund des Designs als „Unterrichtsbesuch mit Fokus auf die chemische Industrie" eignet sich die „BNE-Einheit" nur ab der 8. Klasse, gerade auch wegen der Fachwissensinhalte Chemie. Für eine Durchführung in niedrigeren Klassenstufen müssten insbesondere die Fachwissensinhalte Chemie angepasst werden. Vorgegebene Unterrichtsstrukturen bedingen das Format der Durchführung. Die Durchführung ist ausgelegt auf eine Doppelstunde. Das ermöglicht den Einsatz im Regelunterricht. Hier musste eine Abwägungsentscheidung getroffen werden zwischen maximal ausgereizter inhaltlicher Dichte und Durchführbarkeit in der Realsituation. Die BNE-Intervention ist in ihrer Gesamtheit eine „empirische Black Box". Die BNE-Intervention wurde auf Basis theoretischer Überlegungen erstellt. Welche Elemente der BNE-Intervention letztendlich zum Erfolg geführt haben, ist Ansatz für zukünftige Forschungstätigkeiten im Rahmen der zugrundeliegenden Dissertation.

Ausblick
Geplant ist eine empirisch qualitative Untersuchung anzuschließen. Ziel der Untersuchung ist die Identifikation der Gelingensbedingungen, die für den Erfolg der BNE-Intervention verantwortlich sind, da hier vielfältige Kombinationsmöglichkeiten vorliegen. Aus bereits vorliegenden qualitativen Auswertungen soll eine Hypothese aufgestellt werden.

Hypothese
Vorschläge für mögliche Handlungsstrategien in Anlehnung an Planspielelemente befördern die reflektierende Auseinandersetzung mit Konzepten der Nachhaltigkeit.

Dies könnte eines der Elemente sein, die die BNE-Intervention erfolgreich macht. Die qualitative Untersuchung der BNE-Intervention wird sich mit diesem Indiz für Gelingen auseinandersetzen.

Sollte sich der Nachweis erbringen lassen, dass die Kenntnis um Handlungsstrategien das Verhalten positiv im Sinne der Nachhaltigkeit beeinflusst, so soll im Rahmen der Dissertation ein Vorschlag der Aggregation verschiedener Modelle nachhaltiger Entwicklung durch Modifikation und Operationalisierung entwickelt werden.

Literatur

Capaul, R. & Ulrich, M. (2003). Planspiele: Simulationsspiele für Unterricht und Training. Tobler Verlag.

Cohen, J. (1988). Statistical Poweranalysis for the behavioral sciencis, S. 25/26.

De Haan, G. (2002). Die Kernthemen der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik, 25(1), S. 13-20.

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet. Nature, 495(7441), S. 305-307.

Grünwald, A., & Kopfmüller, J. (2012). Nachhaltigkeit: Eine Einführung (2., aktualisierte Auflage). Frankfurt/New York: Campus Verlag.

Karl, C. K. (2011). Kompetenzorientierte Planspiele – Ein neuer Ansatz zur Konzeption von Planspielen in der Aus- und Weiterbildung, in W. Kriz (Hrsg.), Planspiele in der Personalentwicklung, Wissenschaftlicher Verlag Berlin.

Lautensach, A. (2018). Educating as if Sustainability Mattered. Proceedings of ICERI2018 Conference, S. 7556–7568. doi:10.21125/iceri.2018.0352 doi:10.4119/zdb-1739.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion, Springer Verlag, S. 22-23.

Reich, K. (2007). Planspiel (Hrsg.), Methodenpool.

Rieckmann, M. (2018). Die Bedeutung von Bildung für nachhaltige Entwicklung für das Erreichen der Sustainable Development Goals (SDGs). Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik, 41(2), S. 4-10.

Ulrich, M. (2006). Komplexität anpacken: Mit Planspielen erfolgreiches Handeln erlernen [Tagungsbandbeitrag]. Komplexität erkennen - Zukunft gestalten. Ernährungsökologie als integrativer Ansatz für Wissenschaft und Praxis, Gießen, Germany.

United Nations, (1987). Report of the World Commission on Environment and Development Our Common Future, Brudtland-Bericht.

UNESCO, Erhalt und Nachhaltige Entwicklung an Welterbestätten, https://www.unesco.de/kultur-und-natur/welterbe/welterbe-sein/erhalt-und-nachhaltige-entwicklung.

UNESCO, (2015). Rethinking Education - Towards a global common good? https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232555.

UNESCO, (2017). Education for Sustainable Development Goals - Learning Objectives. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444.

Wilhelm, M. (2021). Bildung in Nachhaltiger Entwicklung am Reallabor – Wer ist Landwirtschaft? Progress in Science Education, 4(3), S. 28-35.

Wilhelm, M., Rehm, M. & Reinhardt, V. (2010). Urteilen in Dilemmasituationen – Nature of Science und Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Unterricht Chemie, 21(118/119), S. 1-10.

Julia Hädrich[1]
Rita Wodzinski[1]

[1]Universität Kassel

Kritisches Denken fördern – Artikel-Memory zum Klimawandel

Motivation

Heranwachsende sind täglich im Internet einer enormen Informationsflut ausgesetzt. Wie Ergebnisse der JIM-Studie (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs), 2022a) zeigen, kommen sie dort regelmäßig mit Fake News in Kontakt. Während insgesamt eine positive Entwicklung beim Bewusstsein über Fehlinformationen festzustellen ist, bleibt die Dunkelziffer der Heranwachsenden, die Fehlinformationen nicht als solche erkennen, besorgniserregend (mpfs, 2022b). Schule kann einen Beitrag zur Sensibilisierung für Fehlinformationen leisten. So zeigen Daten der JIMplus Studie, dass 63% der Befragten in der Schule und die meisten davon explizit im Unterricht sensibilisiert wurden (mpfs, 2022a). Das Ausmaß der Sensibilisierung ist jedoch stark altersabhängig. Besonders bei den 12- bis 13-Jährigen besteht noch Unterstützungsbedarf bei der Identifikation von Fehlinformationen.

Theoretischer Rahmen

Zur Einschätzung der Glaubwürdigkeit von Informationen schlagen Höttecke und Allchin (2020) vor, sich am Vorgehen und den Methoden ausgewählter Expert:innengruppen wie Wissenschaftler:innen oder Journalist:innen zu orientieren (Höttecke & Allchin, 2020). Diese wurden vielfach in einfachen Werkzeugen elementarisiert, um eine Anwendung in schulischen Kontexten zu ermöglichen. Ein Beispiel dafür ist der CRAAP-Test (Blakeslee, 2004), der eine kurze Liste an Kriterien vorgibt, die die Einschätzung der Glaubwürdigkeit von Informationen in Texten erleichtern. Im Kontext von Fake News im Internet eignet sich der Test für die Einschätzung von Online-Artikeln und ähnlichen Formaten. Der CRAAP-Test setzt sich dabei aus den folgenden Kriterien und daraus folgenden Überprüfungen zusammen:

Currency: Dieser Aspekt umfasst sowohl die Aktualität des Artikels selbst als auch die verwendeter Abbildungen oder Links. Es ist bei der Prüfung auch zu hinterfragen, welche Rolle Aktualität für die gesuchte Information spielt.

Relevance: Zur Beurteilung dieses Kriteriums muss individuell entschieden werden, inwiefern der Inhalt der Webseite für die eigene Informationssuche relevant ist. Dafür muss der Text grob quergelesen werden.

Authority: Unter dem Aspekt der Autorität werden sowohl die Autor:innen als auch die Webseite, auf der die Information veröffentlicht wurde, unter die Lupe genommen. Der Ruf und die Expertise der Autor:innen kann einen Rückschluss auf die Glaubwürdigkeit erlauben.

Accuracy: Hier wird untersucht, inwiefern die gegebenen Informationen durch Quellen belegt sind. Aber auch die Objektivität im Schreibstil kann Glaubwürdigkeit beeinflussen.

Purpose: Bei diesem Aspekt wird die Absicht des Inhalts überprüft. So ist zu hinterfragen, ob neben der Informationsvermittlung auch das Ziel verfolgt wird, den Adressat:innen etwas zu verkaufen oder sie zu unterhalten.

Wurde der CRAAP-Test durchlaufen, liegt eine Vielzahl an Argumenten vor, die eine begründete Einschätzung der Glaubwürdigkeit des Inhaltes zulassen.

Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Unterrichtsidee

Lehrplaneinordnung

Die thematische Einordnung der Unterrichtsidee erfolgt hinsichtlich des besonderen Bedarfs der Sensibilisierung der 12- bis 13-Jährigen in Themen der 7. Klasse. Der hessische Lehrplan für Physik an Gymnasien sieht hier die Wärmelehre und den Wärmetransport vor (Hessisches Kultusministerium, 2011a), in die sich auch das Thema Klimawandel verorten lässt.

Lernvoraussetzungen

Eine Stärke des Artikel-Memorys liegt darin, dass die Idee ohne Lernvoraussetzungen durchführbar ist. Es wird lediglich auf den Vorstellungen und Einstellungen zum Klimawandel aufgebaut, die die Schüler:innen aus ihren Alltagserfahrungen mitbringen. Dadurch ist die Unterrichtsidee zeitlich variabel umsetzbar.

Erwartete Schwierigkeiten

Das Thema Klimawandel ist mit einer Vielzahl von mehr oder weniger wissenschaftlichen Meinungen und Haltungen verknüpft. Es ist zu erwarten, dass die Lernenden Schwierigkeiten haben, sich in solch einem turbulenten Meinungsfeld eine eigene Meinung zu bilden. Dies ist bei der Auswahl der Informationen zu beachten. Des Weiteren haben Lernende allgemein Probleme im Umgang mit langen Texten. Diese Schwierigkeit kann sich in einem eher textarmen Unterrichtsfach wie dem Physikunterricht noch verstärken. Die Länge der Texte ist daher zu berücksichtigen.

Lernziele

Auf Grundlage der hessischen Bildungsstandards (Hessisches Kultusministerium, 2011b) wurden drei Lernziele für die Unterrichtsidee identifiziert. Die Lernenden erweitern ihre Lesekompetenz, indem sie verschiedene Internetartikel lesen und die enthaltenen Informationen geeignet aufnehmen und verarbeiten. Weiterhin erweitern sie ihre Bewertungskompetenzen, indem sie die Glaubwürdigkeit der Artikel kriteriengeleitet beurteilen. Abschließend erweitern die Schüler:innen ihre Kompetenzen im Bereich der Arbeit mit Quellen, indem sie relevante Informationen im Internet recherchieren, die eine Einschätzung von Inhalten zulassen (Hessisches Kultusministerium, 2011b).

Das Artikel-Memory

Einstieg

Zum Unterrichtseinstieg bieten sich aktuelle Nachrichten oder Fake News zum Klimawandel an.

Artikel-Memory I

Die erste Unterrichtshälfte hat zum Ziel, die Lernenden für das Thema „Fake News“ zu sensibilisieren. In einer Problematisierungsphase wird dafür zunächst die Kontroversität des Themas Klimawandel aufgezeigt. Daraus wird die Relevanz der Beurteilung der Glaubwürdigkeit von Informationen abgeleitet. In der anschließenden Erarbeitungsphase erhalten die Lernenden in Kleingruppen die Aufgabe, verschiedene Inhalte sowohl von glaubwürdigen als auch von unglaubwürdigen Webseiten *begründet* hinsichtlich ihrer Glaubwürdigkeit zu beurteilen. Die Informationen werden auf Karten zur Verfügung gestellt. Die Identifikation entsprechender Kriterien wird den Lernenden Schwierigkeiten bereiten, weshalb ihre Aufmerksamkeit auf die Webseiten, auf denen die Information publiziert wurde, gelenkt wird. Die Quellen werden als separate Textkarten zur Verfügung gestellt und müssen von den Schüler:innen nun den Texten passend zugeordnet werden. Es wird herausgearbeitet, dass das aktuelle Wissen noch immer nicht für eine zufriedenstellende Bewertung ausreicht.

Artikel-Memory II
Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen liegt das Ziel der zweiten Unterrichtshälfte nun in der Identifikation von Kriterien, die eine Einschätzung ermöglichen. Die zuvor festgestellte Wissenslücke dient der Motivation der zweiten Arbeitsphase. Dort haben sie Zeit, selbstständig im Internet beispielsweise zusätzliche Informationen zu den Webseiten oder den Autor:innen zu recherchieren, die eine begründete Beurteilung der Artikel zulassen. Die gefundenen Kriterien zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit werden an der Tafel gesammelt.
Sicherung und Hinführung zum CRAAP-Test
Die Kriterien aus der letzten Unterrichtsphase können bereits bei der Sammlung durch die Lehrperson mit Blick auf die fünf Aspekte des CRAAP-Tests vorstrukturiert werden. Dies unterstützt die Akzeptanz der abschließend benannten CRAAP-Aspekte und des Werkzeuges.

Qualitative Interviewstudie mit Physiklehrkräften
Um die Eignung der Unterrichtsidee zu prüfen, wurde eine qualitative Interviewstudie durchgeführt. Dafür wurde der Unterrichtsentwurf zum Artikel-Memory drei Physiklehrpersonen mit unterschiedlicher Unterrichtserfahrung zur Verfügung gestellt. Im Anschluss erfolgte je ein ca. 30-minütiges Interview, das drei Fragen klären sollte:
1. Wie schätzen die Lehrkräfte die Relevanz des Themas „kritisches Denken“ für die Lernenden ein und inwieweit bietet der Physikunterricht dafür einen passenden Rahmen?
2. Inwiefern können die Lernziele und die Förderung des kritischen Denkens mithilfe der vorliegenden Unterrichtsidee erreicht werden?
3. Inwieweit eignet sich der Kontext Klimawandel als Rahmung des Artikel-Memorys in der siebten Klasse diskutiert?

Ergebnisse:
Alle Lehrkräfte sehen eine enorme Relevanz in der Thematisierung kritischen Denkens, da sie die Fähigkeiten der Lernenden in diesem Gebiet als in der Regel gering bis niedrig einschätzen. Sie räumen jedoch ein, dass die kritische Denkfähigkeit stark von der eigenen Betroffenheit vom Thema abhängt und eine positive Entwicklung mit steigender Klassenstufe feststellbar ist. Sie äußern zudem, dass sich der Physikunterricht in besonderem Maße für die Thematisierung kritischen Denkens eignet.
Im weiteren Verlauf der Interviews bestätigen die Lehrkräfte die Erreichbarkeit der gewählten Lernziele. Sie sehen jedoch auch Ergänzungsbedarf (Sozialkompetenz) und äußern, dass eine Entwicklung der kritischen Denkfähigkeiten stark vom Ausgangspunkt abhängt. Eine Lehrkraft hebt hervor, dass die Schüler:innen mit familiär verankerten Biases in den Unterricht kommen können. Hilfestellungen, wie damit umzugehen ist, wurden gewünscht.
Abschließend geben die Lehrpersonen an, dass sie den Klimawandel als besonders geeignet für eine Verknüpfung mit kritischem Denken sehen. Auch die Klassenstufenwahl sehen sie als angebracht, wobei nicht jede siebte Klasse die gleichen Voraussetzungen hat und Anpassungen der Artikel nötig werden können. Die Konzeption der Unterrichtsidee lasse solch eine Anpassung aber durchaus zu.

Zusammenfassung und Ausblick
Die Ergebnisse der Interviewstudie bestärken eine Auseinandersetzung mit dem Thema kritisches Denken und der Einschätzung von Glaubwürdigkeit. Die Idee soll nun im Unterricht erprobt werden.

Literatur

Blakeslee, S. (2004). The CRAAP Test. *LOEX Quarterly*, *31*(3). Verfügbar unter: https://commons.emich.edu/loexquarterly/vol31/iss3/4.

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2011a). *Lehrplan Physik. Gymnasialer Bildungsgang; Jahrgangsstufen 7 bis 13*. Wiesbaden.

Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2011b). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder; Das neue Kerncurriculum für Hessen; Sekundarstufe I – Gymnasium. Physik*. Wiesbaden. Verfügbar unter: https://kultusministerium.hessen.de/Unterricht/Sekundarstufe-I-Kerncurricula.

Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641–666. https://doi.org/10.1002/sce.21575.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.) (2022a). *JIMplus 2022. Fake News und Hatespeech*. Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/JIMplus_2022/JIMplus_Charts_2022_fuer_Website_pdf.pdf.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.) (2022b). *JIM-Studie 2022. Jugend, Information, Medien*. Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM_2022_Web_final.pdf.

Luc B. Albrecht[1] [1]Universität zu Köln
Christiane S. Reiners[2] [2]Universität zu Köln

Kritisches Denken als Schlüssel zur naturwissenschaftlichen Bildung

Wissen und Handeln

Das grundlegende Ziel des Chemieunterrichts liegt in der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, um Lernende zu befähigen, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, Bezüge zu den Naturwissenschaften zu erkennen sowie auf deren Basis zu urteilen und Entscheidungen zu treffen (OECD, 1999). Damit ist die Wissensvermittlung nicht allein auf die faktenorientierte Inhaltsebene beschränkt, sondern hat den Anspruch, ein Orientierungswissen zu etablieren, welches aktiv auch außerhalb der Bildungseinrichtungen Verwendung finden kann (Mohr, 1989). Einen besonderen Stellenwert hat diese Art Anwendungswissen in gesellschaftlich relevanten Problemstellungen mit naturwissenschaftlichem Bezug, sogenannten Socioscientific Issues (SSI), welche sich durch ihre kontroverse Natur ohne eindeutige Lösung auszeichnen und für deren Bewertung in Konsequenz ein multiperspektivischer Betrachtungsansatz notwendig ist (Zeidler, 2014). Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass vorhandenes Wissen obligat zu adäquatem Wissen in Entscheidungsprozessen führt, was sich in der sogenannten Knowledge-Action-Gap widerspiegelt, der Differenz zwischen Wissen und Handeln (Knight et al., 2008). Populäre Beispiele hierfür sind der Klimawandel (Knutti, 2019) oder das Verhalten bei Krankheitsausbrüchen (Brainard & Hunter, 2020). Um die Anwendungsfähigkeit von Wissen zu steigern, ist daher die Etablierung einer multiperspektivischen Denkstruktur nötig, die den komplexen Anforderungen von SSIs Rechnung trägt.

Kritisches Denken

Einen Ansatz hierfür bietet die Fähigkeit zum Kritischen Denken, welche von der Europäischen Union als Schlüsselkompetenz für lebenslanges Lernen hervorgehoben wird (Rat der Europäischen Union, 2018) und sich implizit wie auch explizit in den Bildungsstandards und Kernlehrplänen mehrerer Bundesländer findet (MSW NRW, 2022; Sächsisches Staatsm. für Kultus, 2022; Sekr. d. KMK, 2020). Das Konzept des Kritischen Denkens ist jedoch bisher diffus und ambig definiert, was eine zielgerichtete Vermittlung und Förderung erschwert. Rafolt et al. (2019) näherten sich dem Konstrukt mittels eines Synergiemodells, das den Prozess des Kritischen Denkens als einen Positionierungsprozess des Denkenden in Auseinandersetzung mit einem Subjekt oder Objekt beschreibt und von verschiedenen Faktoren, wie Wissen und Fähigkeiten, aber auch Haltung, Motivation, Normen, Werte und Emotionen, begleitet wird.

Während im Chemieunterricht hauptsächlich die kognitiven Anteile, wie das Wissen und die Fähigkeiten, adressiert werden, werden die „weicheren“ affektiven Faktoren selten mit einbezogen, nicht zuletzt, da diese nur mittelbar adressiert werden können. Dabei sind es gerade diese affektiven Faktoren, die in Bewertungsprozessen maßgeblich unsere Entscheidungen beeinflussen und unsere Denksysteme prägen (Kahneman, 2012).

Das menschliche Denken lässt sich im Rahmen der Dual-Process-Theory in zwei Systeme gliedern. System 1 bezeichnet das intuitive System, welches schnell und unbewusst auf Basis von Heuristiken agiert, um unsere kognitive Last zu reduzieren, dadurch aber fehleranfälliger für sogenannte Kognitive Verzerrungen ist. System 2 hingegen beschreibt das langsamere,

aber bewusste rationale Denken, welches unter Konzentration und Anstrengung komplexere Denkvorgänge ermöglicht, dadurch aber auch schneller ermüdet (Kahneman, 2012; Osman, 2004). Relevant ist hier, dass das intuitive System 1 dem rationalen System 2 vorgeschaltet ist. Dadurch werden die meisten Entscheidungen bereits unterbewusst getroffen und allenfalls nachfolgend nur noch rational begründet.

Um sowohl den Definitionsansatz des Synergiemodells als auch die Ansätze der Dual Process Theory zu berücksichtigen, wurde das Modell des Kritischen Denkens erweitert. Die darauf aufbauende Definition lässt sich wie folgt formulieren:

Kritisches Denken (KD) bezeichnet eine sorgfältige und systematische sowie vor allem begründete Entscheidungsfindung bei der Auseinandersetzung der Denkenden mit einem Objekt oder Subjekt. Diese Auseinandersetzung beinhaltet die Anwendung und Evaluation des eigenen Wissens und der eigenen Fähigkeiten auf kognitiver Ebene sowie die Berücksichtigung der eigenen Emotionen, Werte, Haltung und Motivation auf affektiver Ebene. Es ermöglicht zudem eine konstante Selbstregulation und Anpassung, die eine Schleife zu den Denkenden selbst zurückzieht und sie nicht nur in die Position der Bewertenden, sondern auch in die Position der zu Bewertenden versetzt (Paul & Elder, 2014; Rafolt et al., 2019).

Um sich den eigenen affektiven Faktoren, wie Emotionen, Werte und Normen, selbstständig nähern zu können, ist die Fähigkeit zur Selbstreflexion von Bedeutung, welche ebenfalls einer klaren Definition bedarf. Selbstreflexion bezeichnet dabei einen Prozess der introspektiven Überprüfung eigener interner Einflussfaktoren, wie Gedanken, Gefühle, Prägungen und Verhaltensweisen (Motivation, Interesse, eigene Erfahrungen uvm.) sowie darauf aufbauend ein Bewusstsein für externe Einflussfaktoren. Sie umfasst die Wahrnehmung, Gewichtung und Bewertung ebenjener, um diese in Entscheidungsprozessen berücksichtigen sowie abwägen zu können und so eine objektivere Position zu erhalten (Facione, 1990; Silvia, 2021).

Damit ist es als erstrebenswert anzusehen, dass Lehrende und Lernende nicht nur über ein Faktenwissen verfügen, sondern auch sich selbst und die individuellen Vorprägungen zum fachlichen Wissen in ein Verhältnis setzen können, um unbewusste Bewertungsfehler durch die affektive Ebene zu reduzieren und das Fachwissen stärker zu gewichten. Dabei sollte die Kompetenz zunächst bei den angehenden Lehrkräften gefördert werden, da diese in ihrer Rolle als Bildungsmultiplikatoren eine Schlüsselposition einnehmen.

Förderung Kritischen Denkens

Um nun Kritisches Denken im Sinne eines multiperspektivischen Denkens explizit zu fördern und Kompetenzen anzubahnen, sind konkrete Anforderungssituationen notwendig, welche ebenso mehrdimensional sind, wie das Konstrukt selbst, welches es zu fördern gilt (Klieme et al., 2003). In diesem Zuge wurde die Methode der Systemisch-reflexiven-Stellungnahme entwickelt und in einem Bachelor-Seminar für Chemiedidaktik an der Universität zu Köln erprobt. Die Methode besteht dabei aus vier Teilen:

1. Eigenständige Sachanalyse eines Kontextes in Einzelarbeit und Bewertung der Quellen,
2. Dialogisches Selbstreflexionstraining mithilfe eines Impulsleitfadens im Tandem, abwechselndes gegenseitiges Stellen selbstreflexiver Fragen (bspw.: Gibt es bestimmte persönliche Interessen, die Deine Meinung beeinflussen?),
3. Systemisch-reflexive Stellungnahme in einer Kleingruppe (4 Personen), Zusammenführung der Ergebnisse aus Sachanalyse, Quellenbewertung und Selbstreflexion und begründete Positionierung,
4. Prozessreflexion in Einzelarbeit, retrospektive Betrachtung des durchlaufenen Prozesses.

Die hierbei verwendeten SSIs waren die Themen Nanotechnologie, Plastik, Chemie in der Landwirtschaft, Atomenergie oder Fracking. Dieser Methode gingen inhaltliche Sitzungen zu den Themen Nature of Science, Umgang mit Quellen, der Differenzierung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft sowie Kritischem Denken voraus.
Um die Effektivität der Methode einschätzen zu können, wurde eine leitfadengestützte Interviewstudie (*N*=10, Studierende des Chemielehramts im Bachelor) mit jeweils Pre- und Post-Interviews durchgeführt, in denen begründet zu einem nicht im Seminar thematisierten Kontext Stellung bezogen werden sollte. Bei den verwendeten Kontexten handelte es sich um Windenergie vs. Solarenergie oder Elektromobilität vs. Brennstoffzellenantrieb. Die Kontexte wurden so gewählt, dass keine offensichtlich korrekte Lösung vorlag. Zudem wurde die Reihenfolge der Themen für Pre- und Post-Test variiert, um eine Kontextabhängigkeit der Ergebnisse zu reduzieren. Im Anschluss wurden die Interviews transkribiert (Dresing & Pehl, 2018) und mittels der qualitativen Inhaltsanalyse mit deduktiv-induktiver Kategorienbildung auf Multiperspektivität untersucht (Kuckartz, 2016). Die Fragestellung war zum einen, welche Aspekte fachlichen Wissens, der Quellenbewertung und der Selbstreflexion hinzugezogen wurden, zum anderen, wie viele verschiedene Aspekte die Befragten zur Bewertung des Kontextes berücksichtigten. Die gebildeten Kategorien wurden von einem weiteren chemiedidaktisch forschenden Koder interkodiert, um eine Interkoderreliabilität zu gewährleisten. Es konnten drei übergeordnete Kategorien gebildet werden: Aspekte der fachlichen Bewertung (NW-A, 8 Unterkategorien, $\kappa_1 = 0{,}84$), Aspekte der Quellenbewertung (QU-A, 9 Unterkategorien, $\kappa_1 = 0{,}87$) und Aspekte der Selbstreflexion (SR-A, 13 Unterkategorien, $\kappa_1 = 0{,}85$). Relevant für die Auswertung war vorrangig, wie viele *verschiedene* Aspekte fachlicher, quellenprüfender sowie selbstreflexiver Art zur Bewertung der Kontexte von den Befragten hinzugezogen wurden.
Bei der Anzahl an hinzugezogenen Aspekten fachlicher Bewertung konnte im Mittel ein Anstieg von 41 % verzeichnet werden. Im Hinblick auf die Aspekte der Selbstreflexion lag die Steigerung bei 47 % und bei den Aspekten der Quellenbewertung bei 967 %, da in den Pre-Tests nahezu kein Bezug auf Quellen oder ihre Glaubwürdigkeit genommen wurde.

Fazit

Die klare Definition von Kritischem Denken und Selbstreflexion stellt einen ersten Schritt zu einem adäquaten und anwendbaren Verständnis dar, um zukünftige Lehrende in dieser Hinsicht zu unterstützen und zur Vermittlung zu befähigen. Dabei handelt es sich um die Abstraktion eines komplexen mehrdimensionalen Konstruktes, um dieses didaktisch zugänglich und gangbar zu machen. Dies ist jedoch notwendig, da eine implizite und subjektiv geladene Vermittlung Kritischen Denkens als unzureichend angesehen werden kann und eine klare Rahmung des Konstruktes vorliegen muss, um es zielgerichtet im schulischen Kontext fördern zu können.
Die Förderung der Fähigkeit Kritischen Denkens innerhalb dieses Rahmens scheint grundsätzlich möglich und die Methode der Systemisch-reflexiven Stellungnahme vielversprechend. Kritisches Denken bildet damit ein übergeordnetes Konstrukt, in dem naturwissenschaftliches Wissen vermittelt, reflektiert und angewendet werden sollte, um zu einer Vergrößerung des Möglichkeitsraumes bei der Bewertung, insbesondere bei SSIs, beizutragen und das vermittelte Fachwissen stärker zu gewichten. Es stellt damit nicht einfach eine weitere Inhaltskomponente, sondern vielmehr ein didaktisches Prinzip dar, welches das Fachwissen intentional einbettet und einen stetigen Bezug zur Anwendbarkeit herstellt.

Literaturverzeichnis

Brainard, J., & Hunter, P. R. (2020). Misinformation making a disease outbreak worse: Outcomes compared for influenza, monkeypox, and norovirus. *Simulation*, *96*(4), 365–374. https://doi.org/10.1177/0037549719885021

Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Auflage). Eigenverlag.

Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report)*. https://philarchive.org/archive/faccta

Kahneman, D. (2012). *Schnelles Denken, langsames Denken*. Random House GmbH.

Klieme, E., Hermann, A., Werner, B., Peter, D., Hans, G., Manfred, P., Kristina, R., Kurt, R., Jürgen, R., Heinz-Elmar, T., & J., V., Helmut. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. https://doi.org/10.25656/01:20901

Knight, A. T., Cowling, R. M., Rouget, M., Balmford, A., Lombard, A. T., & Campbell, B. M. (2008). Knowing but not doing: Selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. *Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology*, *22*(3), 610–617. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00914.x

Knutti, R. (2019). Closing the Knowledge-Action Gap in Climate Change. *One Earth*, *1*(1), 21–23. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.09.001

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3., überarbeitete Aufl.). Beltz.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Bd. Nr. 4723* (1. Aufl.).

Mohr, H. (1989). Verfügungswissen und Orientierungswissen: Die Verantwortung des Wissenschaftlers. *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, *42*, 127–132.

Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Osman, M. (2004). An evaluation of dual-process theories of reasoning. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*(6), 988–1010. https://doi.org/10.3758/BF03196730

Paul, R., & Elder, L. (2014). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life* (Third edition, Pearson new international edition). Pearson Education Limited.

Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. (2019). Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht – Synergiemodell, Problemlage und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 63–75. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00092-9

Rat der Europäischen Union. (2018). Empfehlungen des Rates vom 22. Mai 2018 zu Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen: (Text von Bedeutung für den EWR). *Amtsblatt der Europäischen Union, C 189*, 1–13.

Sächsisches Staatsministerium für Kultus. (2022). *Lehrplan Gymnasium: Chemie*.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020* (1. Auflage). Carl Link Verlag.

Silvia, P. J. (2021). The self-reflection and insight scale: Applying item response theory to craft an efficient short form. *Current Psychology*, *41*(12), 8635–8645. https://doi.org/10.1007/s12144-020-01299-7

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis. *Theory, research, and practice. In NG Lederman & SK Abell (Eds.), Handbook of research on science education*, *2*, 697–726.

Sarah Rau-Patschke[1]
Marisa Alena Holzapfel[2]
Andrea Kawrigin[1]

[1] Universität Duisburg-Essen
[2] Universität Oldenburg

Kreativität und Bewegung im Sachunterricht aus Sicht der Lehrkräfte

Problemlösen und Kreativität im Sachunterricht

Dem Problemlösen wird auch im Sachunterricht ein hoher Stellenwert beigemessen. Beinbrech fasste bereits vor 20 Jahren zusammen, dass der Einbezug authentischer Problemlöseaufgaben förderlich für den Erwerb einer Scientific Literacy ist (2003). Die Kinder können also mit Problemlöseaufgaben, insbesondere wenn sie Bezugspunkte zu ihrer Lebenswelt aufweisen, lernen, naturwissenschaftliche Phänomene als solche zu erkennen, sie zu hinterfragen, zu diesen Fragen naturwissenschaftlich Erkenntniswege planen, durchführen, diese auswerten und reflektieren (OECD, 2019; Steffensky et al. 2019). Laut TIMSS liegt eine Problemaufgabe dann vor, wenn die Lösung einer Aufgabe unbekannt ist oder das Problem einer komplexen Analyse bedarf und die Aufgabe umfangreiche Aktivitäten (bspw. Experimente planen und durchführen) erfordert (Steffensky et al., 2019). Ferner sind Ausgangs- und Zielzustand bekannt, der Weg ist jedoch unbekannt und/ oder erfordert das Einsetzen und Kombinieren verschiedener Wissensbereiche und Lösungsstrategien (Pahl & Berchtold, 2019). Hierfür ist Pahl und Berchtold zufolge, kreatives Denken gefragt (2019, S. 31). Die Autoren ziehen zwar keine genaue Definition kreativen Denkens heran, jedoch zeigen die unterrichtskonzeptionellen Ausführungen eine hohe Anschlussfähigkeit an Bliersbach und Reiners, welche Kreatives Denken wie folgt definieren:

„Kreativität beschreibt das in jedem Menschen innewohnende Potential, mit Hilfe von verschiedenen metakognitiven Strategien, die vor allem auf dem Ausbrechen aus bekannten Strukturen und der Rekombination von Wissen beruhen, etwas für dessen jeweiliges Umfeld gleichsam Neues und Relevantes zu schaffen." (2017, S. 324)

Demnach werden die „4 P's" (Rhodes, 1981) als charakteristische Merkmale kreativen Denkens adressiert: kreativer Prozess, kreative Umgebung, kreative Person und kreatives Produkt. Holzapfel, Jaggy und Brückmann stellen heraus, dass angehende Lehrkräfte die obengenannte Definition als für den Sachunterricht besonders relevant einstufen (2022). Weiterhin zeigt die Studie, dass angehende Sachunterrichtslehrkräfte Kreativität für den Beruf der Lehrkraft als besonders relevant erachten und diese als förderlich für das Lernen allgemein sowie für das Lernen im Sachunterricht im Speziellen einstufen (Holzapfel et al., 2022). Besonders die naturwissenschaftlichen und technischen Inhalte werden dabei hervorgehoben, obgleich verschiedene Studien die Streitfrage aufwerfen, inwiefern Kreativität und naturwissenschaftliches Lernen überhaupt zusammenpassen (z.B. Schmidt, 2011; Hadzigeorgiou et al., 2012).

Um das Problemlösen zu fördern, muss entsprechend auch die Kreativität gefördert werden. Murali und Händel wiesen nach, dass die Kreativität von Personen, die in Bewegung sind, steigt (2022). Erste Indizien zeigen, dass die Freiheit der Bewegung im positiven Zusammenhang mit dem Ausmaß an Kreativität steht (ebd.). Inwiefern sich diese Befunde auf den (naturwissenschaftlichen Sach-) Unterricht übertragen lassen, ist bislang unbekannt. Bereits gut fundiert ist die Studienlage zum bewegten Lernen. Dieses wirkt sich positiv auf die Motivation, die Konzentrationsfähigkeit und das Sozialverhalten der Kinder aus (Krüger, 2010; Müller & Petzold, 2002; Schulz, 2006). **Bewegtes Lernen** im Unterricht lässt sich nach Anrich

(2002) in vier Typen teilen: *Bewegungsanlässe* (z.B. Erkundung im Realraum, Experimentiermaterial holen), *Bewegungspausen* (z. B. Flitzepause, Bewegungslieder), *Entspannungs- und Stille-übungen* (z. B. Traumreisen, Yoga) und *themenbezogene Bewegung* (z.B. thematisch passende (Rollen-)Spiele, Simulationen).

Dass aber auch das fachliche Lernen durch solche Bewegungsangebote unterstützt wird, zeigen Liersch et al. (2023). Sie konnten darlegen, dass sich insbesondere themenbezogene Spiele positiv auf die Leistung in Fach Mathematik auswirken (ebd.).

Erkenntnisinteresse & methodisches Vorgehen

Vor dem dargestellten, theoretischen Hintergrund soll das bereits erprobte Testinstrument von Holzapfel et al. (2022) weiterentwickelt werden, um zu prüfen, inwiefern sich die Ergebnisse von Holzapfel et al. von Sachunterrichtsstudierenden auf Sachunterrichtslehrkräfte (SU-LK) übertragen lassen. Weiterhin soll geklärt werden, über welches Wissen SU-LK über Problemlösen und bewegtes Lernen verfügen und welche Einstellungen sie diesbezüglich zeigen. Auch der Frage danach, welche Zusammenhänge SU-LK zwischen Kreativität, Problemlösen und bewegtem Lernen sehen, wird nachgegangen.

Die Fragen werden mit einer Online-Fragebogenerhebung beantwortet. Nach demografischen Angaben folgen vier Frageblöcke zu:

- *Kreativität:* Begriffsverständnis, Kreativität in Schule, Bildung und Sachunterricht
- *Problemlösen:* Wissen über Problemlösen, Analyse von SU-Aufgaben
- *Bewegtes Lernen:* Verständnis, Unterrichtsgestaltung, Analyse von SU-Aufgaben
- *Zusammenhänge der Konstrukte:* Items zu Einstellungen / Einschätzungen

Im Fragebogen sind sowohl geschlossene Items enthalten, welche (deskriptiv) inferenz-statistisch ausgewertet werden, als auch offene Items, welche mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) kodiert werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen Daten von N = 28 Sachunterrichtslehrkräften vor, von denen 13 Datensätze vollständig ausgefüllt wurden. Die Lehrkräfte sind im Mittel 36,8 Jahre alt (*SD* = 12,4). Bezüglich der Berufserfahrung lässt sich die Gruppe in Berufseinsteiger*innen (52%, = bis zu 5 Jahre Unterrichtserfahrung im Sachunterricht) und erfahrene Lehrkräfte (48%) einteilen (Schmidt, 2015). Die Kreativitätsergebnisse werden aufgrund der derzeit unter-schiedlich großen Stichproben (Lehrkräfte, N = 28 ggü. Studierende, N =131, Holzapfel et al., 2022) nur deskriptiv berichtet und nicht inferenzstatistisch ausgewertet.

Ergebnisse der Lehrkräftebefragung

Ausgebildete Lehrkräfte weisen ein ähnliches **Verständnis von Kreativität** wie die zuvor befragten Studierenden auf: Sie wählen mehrheitlich die Definition von Bliersbach und Reiners (2017) als für den Sachunterricht passend (Studierende 63,5% ⎪Lehrkräfte 52%). Unterschiedlich zu den Studierenden setzen weniger ausgebildete Lehrkräfte divergentes Denken dem kreativen Denken gleich (Studierende 51% ⎪Lehrkräfte 32%). Die Sachunterrichtslehrkräfte messen auf einer vierstufigen Skala der Kreativität einen hohen Stellenwert für das Lernen zu (M = 3.46, SD = .36, α = .66 ⎪Studierende: M = 3.53, SD = .44, α = .74). Ebenfalls hoch fällt die Zustimmung bezüglich der Bedeutsamkeit von Kreativität für den Lehrkraftberuf (100% ⎪Studierende: 97,7%) wie auch für das Lernen im Sachunterricht (88% ⎪Studierende: 92,4%) aus.

Dass **Kreativität** für das Lernen **in den Perspektiven des Sachunterrichts** insgesamt bedeutsam ist, aber für die Perspektiven unterschiedlich ausfällt, zeigt nicht nur die Studierenden- sondern auch die Lehrkräftebefragung. So messen die befragten Lehrkräfte der Kreativität einen hohen Stellenwert für das Lernen in der naturwissenschaftlichen (M = 2.84, SD = 0.746) und der technischen (M = 3.16, SD = 0.850) Perspektive bei. Die Bedeutung für technische Inhalte unterscheidet sich dabei signifikant von der Bedeutung für historische (p = 0.002), geografische (p = 0.003) und naturwissenschaftliche (p = 0.043) Inhalte. Naturwissenschaftliche Inhalte unterscheiden sich ebenfalls signifikant von historischen Inhalten (p = 0.009). Im Unterschied zu den Studierenden, messen die Lehrkräfte auch Kreativität in sozialwissenschaftlichen Bereichen eine erhöhte Bedeutung zu (M = 2.88, SD = 0.726).

Die offene Frage nach dem, was **bewegten Unterricht** ausmacht, zeigt unterschiedlich differenzierte Sichtweisen. Sechs der Lehrkräfte (n=13) nennen Aspekte, die den Bewegungsanlässen nach Anrich (2002) zuzuordnen sind. Themenbezogene Bewegung (4 Nennungen) und Bewegungspausen (3 Nennungen) werden seltener beschrieben und zudem häufiger in den Kontext von Sport oder Mathematik gesetzt. Etwa die Hälfte der Lehrkräfte führt auf, dass die Rahmenbedingungen in den Klassenräumen den Einsatz bewegten Lernens beeinflussen.
Tendenziell zeigen sowohl bei Berufseinsteiger*innen als auch erfahrene Lehrkräfte eine positive Einstellung zum Einsatz bewegten Lernens, auch mit dem Zweck der Kreativitätsförderung (Abb. 1):

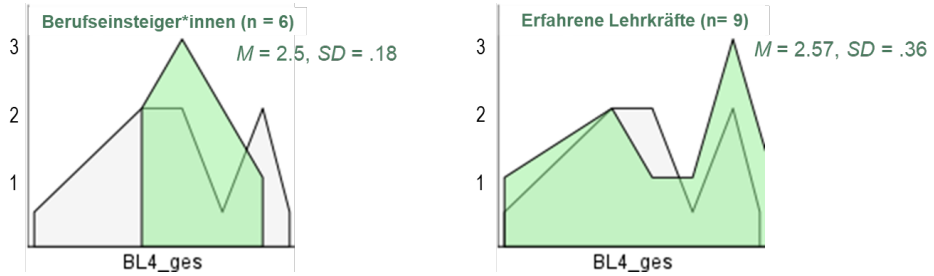


*Abbildung 1: Einstellung zu Bewegtem Lernen im Sachunterricht mit dem Zweck der Kreativitätsförderung, Berufseinsteiger*innen und erfahren Lehrkräfte im Vergleich; grau hinterlegt = Gesamtheit aller Befragten; grün hervorgehoben = Ergebnisse der Gruppen Berufseinsteiger*innen bzw. erfahrene Lehrkräfte*

Die (fachdidaktischen) Begründungszusammenhänge für die positive Einschätzung sind eher als diffus zu bezeichnen. Aus den Aussagen der Lehrkräfte geht hervor, dass der sachunterrichtliche Lebensweltbezug, die Arbeit mit originaler Begegnung sowie das Konzept der Handlungsorientierung hilfreich für das Zusammenspiel der Konstrukte Kreativität, Bewegung und Problemlösen sind.

Diskussion und Ausblick

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse von Holzapfel et al. (2022) in weiten Teilen replizieren. Der größte Unterschied liegt in der differenzierteren Betrachtung der Unterscheidung von divergentem und kreativen Denken. Der Vergleich ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da die Kohorten (Studierende, N = 131 und Lehrkräfte, N =28) unterschiedlich groß sind.

Tendenzen zeichnet jedoch eine positive Einstellung zu kreativem Lernen, wie auch bewegtem Lernen ab. Vermutlich fehlen den Lehrkräften Ideen für die konkrete Umsetzung im Sachunterricht. Dieser Aspekt wird in einer Folgestudie näher betrachtet.

Literatur

Anrich, C. (2002). Bewegte Schule, bewegtes Lernen. 2. Bewegung, ein Unterrichtsprinzip. Bewegungspädagogik für weiterführende Schulen, Bewegungspausen im Unterricht, Entspannung und Stille im Klassenzimmer. 1. Aufl. Klett-Schulbuchverl.

Beinbrech, C. (2002). Zur Förderung des Problemlöseverhaltens im Sachunterricht. In H. Petillon (Hrsg.), Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule (S. 71–78). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-99278-9_6

Bliersbach, M., & Reiners, C. S. (2017). Kreativität und Chemie? Chemie in unserer Zeit, 51(5), 324–331. https://doi.org/10.1002/ciuz.201700755

Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about Creativity in Science Education. Creative Education, 03(05), 603–611. https://doi.org/10.4236/ce.2012.35089

Holzapfel, M. A., Jaggy, A.-K., & Brückmann, M. (2022). Creativity in German Science Education in Elementary Schools: Preservice Teachers' Perspective on Whether It Is Essential, Possible or Completely Unnecessary. Creative Education, 13(04), 1421–1438. https://doi.org/10.4236/ce.2022.134087

Liersch, J. (2023, März). Bewegungsbasierte Lernförderung im Fachunterricht. Abschlussveranstaltung des GKQL 2019 - Universität Duisburg-Essen, Essen.

Müller, C. & Petzold, R. (2002). Längsschnittstudie bewegte Grundschule. Ergebnisse einer vierjährigen Erprobung eines pädagogischen Konzeptes zur bewegten Grundschule. St. Augustin: Academia

Murali, S., Händel, B. Motor restrictions impair divergent thinking during walking and during sitting. Psychological Research (2022). https://doi.org/10.1007/s00426-021-01636-w

OECD (2019). "PISA 2018 Science Framework", in PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f30da688-en

Pahl, A. & Berchtold, C. (2019). Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Die Methode des Experimentierens. In: A. Pahl & U. Stadler-Altmann. MINT-Didaktik und Allgemeine Didaktik im Gespräch: Problemlösung und Differenzierung als Planungsprinzipien (S. 47-78). Opladen, Berlin, Toronto: Budrich

Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. Phi Delta Kappan, 42, 305–310.

Schmidt, A. L. (2011). Creativity in Science: Tensions between Perception and Practice. Creative Education, 02(05), 435–445. https://doi.org/10.4236/ce.2011.25063

Schmidt, M. (2015). Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt "Verbrennung". Berlin: Logos. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:464-20150401-104226-0

Schulz, I. (2006). Bewegung im Unterricht: eine Möglichkeit der Gesundheitsförderung in der Schule? Online unter: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:27-20061211-150155-5

Steffensky, M., Scholz, L., Kasper, D. & Köller, O. (2019). Kapitel 4 - Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In: K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.). TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. (S. 115-168) Münster, New York : Waxmann. https://doi.org/10.25656/01:21353

Markus Emden[1]
Frank Hannich[2]
Armin Duff[3]
Tania Kaya[2]
Lara Leuschen[2]
David Nef[3]

[1]Pädagogische Hochschule Zürich
[2]Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
[3]Swiss Science Center Technorama

Juicy questions verbinden außerschulische Lernorte mit dem Unterricht

Der Besuch außerschulischer Lernorte ist für zahlreiche Lehrpersonen fester Bestandteil ihres persönlichen Curriculums. Zusätzlich wird er durch Rahmenrichtlinien wie den deutsch-schweizer *Lehrplan 21* (https://zh.lehrplan.ch) explizit befürwortet. Als außerschulische Lernorte werden häufig Orte verstanden, die außerhalb des Schulgeländes liegen und an denen „Personen jeglichen Alters im Rahmen formaler, nonformaler oder informeller Bildung lernen können“ (Brovelli, Niederhäuser, & Wilhelm, 2011, S. 343). An außerschulischen Lernorten können Lernanlässe didaktisch vorstrukturiert sein, wie z. B. durch Maßnahmen der Museumspädagogik, oder sich spontan in der direkten Auseinandersetzung entwickeln.
Das hohe Maß an Varianz, das bzgl. Form, Inhalten und Organisation außerschulischer Lernorte herrscht, erschwert eine allgemeine fachdidaktische Orientierung zu sinnstiftenden Klassenbesuchen solcher Lernorte. Darüber hinaus entziehen sich außerschulische Lernorte in der Mehrzahl scharfer Fach- und Stufenbezüge, sodass ihre Behandlung in der Lehrpersonenausbildung selten einen festen Ort hat (Avanzino, 2023). Das Resultat ist häufig ein zu wenig in den Unterricht eingebundener Besuch eines außerschulischen Lernorts, der lernrelevantes Potenzial weitgehend ungenutzt lässt.
Das vorliegende Projekt versucht mit Methoden des Design-Thinkings (Lewrick, Link & Leifer, 2018) in iterativer Näherung ein Weiterbildungsangebot zu entwickeln, das orientiert an Bedürfnissen der Lehrpersonen Möglichkeiten für den lernwirksamen Besuch eines außerschulischen Lernorts vermitteln will. Zu diesem Zweck werden naturwissenschafts-didaktische Expertise (PHZH) und das Know-how des Customer Managements (ZHAW) zusammengespannt, um gemeinsam mit dem größten außerschulischen Lernort der Schweiz (Swiss Science Center Technorama, Winterthur) ein Weiterbildungskonzept zu erarbeiten, das auch auf weitere außerschulische Lernorte übertragen werden kann. Es handelt sich um ein Entwicklungsprojekt, das durch swissuniversities für eine Laufzeit von drei Jahren (2021-2024) gefördert wird. Berichtet werden exemplarische Meilensteine des bisherigen Verlaufs.

Bedarfserhebung
Während curricular motivierte Weiterbildungen einen vergleichsweise klar definierten *Content Focus* aufweisen (vgl. Emden & Baur, 2017), fehlt dieser für Weiterbildungen, die sich außerschulischen Lernorten widmen. Daher sollte in einem ersten Schritt die Bedarfslage bei Lehrpersonen erhoben werden, die regelmäßig mit Klassen das Technorama besuchen. Alle Lehrpersonen, die bereits an Weiterbildungen im Technorama teilgenommen hatten und deren E-Mail-Adressen vorlagen, wurden zu einer Online-Umfrage eingeladen, um ihre Erwartungen an eine entsprechende Weiterbildungsveranstaltung zu erheben. Rückmeldungen liegen vor zu $N = 142$ Lehrpersonen (m: 61%, w: 38%), die mehrheitlich in den Jahrgängen 4-6 (37%) bzw. 7-9 (28%) unterrichten. Das Technorama wird speziell als außer-schulischer

*Lern*ort geschätzt: Ein Weiterempfehlungsindex NPS = 66,07 unter Kolleg:innen (*net promoter score*: Reichheld, 2003 – Wertebereich 0-100) übertrifft den Weiterempfehlungsindex für private Besuche (NPS = 58,04). Derzeit werden Besuche im Technorama noch zu wenig in den Unterricht eingebunden ($M_{Vorbereitung}$ = 3,38; $M_{Begleitaufgaben}$ = 3,45; $M_{Nachbereitung}$ = 3,36 – n = 99, 5-stufige Likert-Skala, 1: viel zu wenig, 4: passend, 5: viel zu viel), wobei Bereitschaft zur stärkeren Einbindung besteht ($M_{Vorbereitung}$ = 4,48; $M_{Begleitaufgaben}$ = 4,52; $M_{Nachbereitung}$ = 4,68 – n = 102, 5-stufige Likert-Skala, 1: sehr schwach, 4: weder noch, 5: sehr stark). Lehrpersonen äußern Bedarfe für motivierende, alltagsnahe und fächerübergreifende Zugänge sowie für spezifische Methoden zur Vor-, Nachbereitung und Begleitung.

1. Durchführung der Weiterbildung

Aufbauend auf den Rückmeldungen der Lehrpersonen wurde ein Kurskonzept erstellt, das Lehrpersonen ein Planungswerkzeug für den Besuch im Technorama an die Hand geben sollte. Sie sollten sensibilisiert werden, dass ein Besuch im Science Center nicht primär zum fachlichen Lernen führt (DeWitt & Storksdieck, 2008), sondern vor allen Dingen affektive Grundlagen für das weitere Lernen schaffen kann. Ein fachdidaktischer Input vermittelte den Lehrpersonen (n = 10) Grundlagen zur Bedeutsamkeit von Primärerfahrungen (Wagenschein, 1977), zur Entwicklung von persönlichem Interesse (Krapp, 1998) sowie zur Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Sie sollten bestärkt werden, affektiven Lernzielen als vollwertigen Lernzielen entsprechenden Raum zu geben.

Die Reichhaltigkeit der Angebote in einem Science Center erfordern, dass Lehrpersonen durch eine einschränkende Vorauswahl (DeWitt & Storksdieck, 2008) einen *common ground* schaffen, auf dem Vor- und Nachbereitung aufbauen können. Ein Zuviel an Freiheit beim Besuch ist nicht lernförderlich (Bamberger & Tal, 2007); gleichzeitig soll die Einmaligkeit außerschulischer Lernorte genutzt und nicht überformt werden (DeWitt & Osborne, 2007).

Lehrpersonen waren aufgefordert im Zuge der Weiterbildung einen Ausstellungsbereich des Technorama bzgl. seiner Potenziale für fachinhaltliches, fachmethodisches sowie affektives Lernen zu untersuchen. Unter denselben Perspektiven sollten sie gemeinsam Beispielaktivitäten für einen kommenden Besuch im Technorama erarbeiten, wobei bewusst *nicht* der Entwurf von Arbeitsblättern im Fokus stehen sollte (vgl. Coll, Coll & Treagust, 2018). Die Weiterbildung wurde seitens der ZHAW durch Interviews zur Nutzung begleitet und schloss mit einer Online-Evaluation durch das Technorama ab (s. Abb. 1).

Abbildung 1 - exemplarische Ergebnisse aus der Befragung der Lehrpersonen (n = 10)

In Anlehnung an das *user profile canvas* (Lewrick, Link & Pfeifer, 2018) wurden aus den Interviews mit Teilnehmenden zwei *personae* abgeleitet, die prototypische Nutzungsmuster darstellen – eine dritte, anzunehmende *persona* konnte bisher nicht identifiziert werden:

- Die Spaßermöglicherin: Primarschullehrerin, Allrounderin bzgl. der Unterrichtsfächer, typische Aussage: „Der Besuch im Technorama hat die Klasse mega zusammengeschweißt.“
- Die Motivatorin: Primar- oder Sekundarlehrerin mit Schwerpunkt naturwissenschaftlicher Unterricht: „Sie haben es erlebt, dann sind sie natürlich auch viel mehr dabei, als wenn sie es einfach hören würden.“
- Die Methodikerin (hypothetisch): „Die Schüler:innen sollen methodische Experimente durchführen im großen Stil.“

2. Durchführung der Weiterbildung

Die Rückmeldungen der Lehrpersonen aus der ersten Weiterbildung führten zu einer grundlegenden Umstrukturierung des Kurskonzepts. Die Lehrpersonen wurden nicht mehr in einem fachdidaktischen Input eingeführt, sondern erlernten in Form eines *Inverted Classrooms* eine konkrete Methode: *Juicy questions* (Gutwill & Allen, 2010). Es handelt sich um dabei eine vierschrittige Methode, die (1) von der spielerisch-entdeckenden Begegnung mit einem Phänomen ausgeht, diese (2) in eine konkrete Fragestellung kanalisiert, die (3) anschließend untersucht und (4) deren Ergebnisse den Mitlernenden vorgestellt werden. Die Methode bindet stimmig an die fachdidaktischen Schwerpunkt der er ersten Weiterbildung an. Mit dieser Methode erkundeten die Lehrpersonen einen Ausstellungsbereich und entwarfen ihre eigene Untersuchung. Der Tag schloss mit einer online-Befragung ab (Abb. 2).

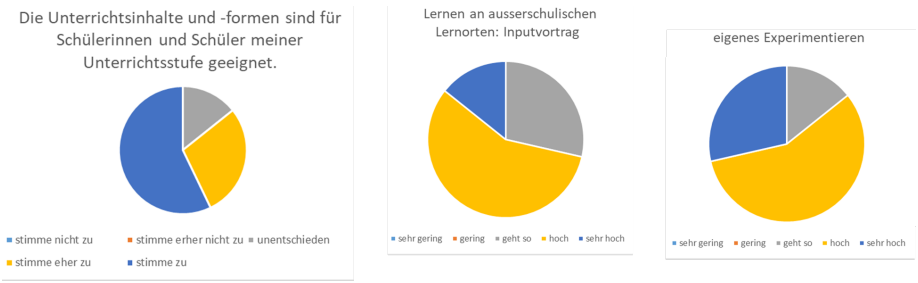


Abbildung 2 - exemplarische Ergebnisse aus der Befragung der Lehrpersonen (n = 7)

Die Zustimmung in den exemplarischen Items steigerte sich umfassend. Der Anteil an Lehrpersonen, die die Fortbildung (eher) weiterempfehlen können, stieg von 70% auf 86%.

Schlussfolgerung und Ausblick

Als Konsequenz aus den Rückmeldungen der zweiten Durchführung werden lediglich kleinere Anpassungen in spezifischen Arbeitsphasen vorgesehen – die Orientierung an den *Juicy questions* und im Tagesverlauf spätere fachdidaktische Einordnung der Methode wird in den kommenden Durchführungen beibehalten. *Juicy questions* scheinen sich als gute Methode zu erweisen, mit denen man eine Vielzahl von Phänomenen ansprechen kann. Sie erscheinen prinzipiell transferierbar zu sein auf weitere außerschulische Lernorte wie auch auf spontane Beobachtungen von Phänomenen. Die fachdidaktischen Grundlegungen sind gleichermaßen so fundamental, dass sie eine Übertragbarkeit erwarten lassen. Die Ergebnisse werden in zwei weiteren Durchführungen der Weiterbildung überprüft und ergänzt – die Übersetzung des Weiterbildungskonzepts auf eine landesweite Ausstellung (*Phänomena*) wird aktuell geprüft.

Literatur

Avanzino, N. (2023). Ausserhalb des Schulzimmers die Welt entdecken. Akzente (3), 8–13.

Bamberger, Y., & Tal, T. (2007). Learning in a personal context: Levels of choice in a free choice learning environment in science and natural history museums. Science Education, 91 (1), 75–95. https://doi.org/10.1002/sce.20174

Brovelli, D., Niederhäusern, R. von, & Wilhelm, M. (2011). Ausserschulische Lernorte in der Lehrpersonenbildung: Theorie, Empirie und Umsetzung an der PHZ Luzern. Beiträge zur Lehrerbildung, 29 (3), 342–352. https://doi.org/10.25656/01:13789 (Beiträge zur Lehrerbildung).

Coll, S. D., Coll, R., & Treagust, D. F. (2018). Making the Most of Out-of–School Visits: How Does the Teacher Prepare? International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 26 (4), 1–19. https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/cal/article/view/12627.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift Für Pädagogik, 39 (2), 223–238.

DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. International Journal of Science Education, 29 (6), 685–710. https://doi.org/10.1080/09500690600802254

DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A Short Review of School Field Trips: Key Findings from the Past and Implications for the Future. Visitor Studies, 11 (2), 181–197. https://doi.org/10.1080/10645570802355562

Emden, M., & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren: Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. Zeitschrift Für Didaktik der Naturwissenschaften, 23 (1), 1–19. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0052-1

Gutwill, J. P., & Allen, S. (2010). Group inquiry at science museum exhibits: Getting visitors to ask juicy questions. Exploratorium. https://doi.org/10.4324/9781315427973

Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. Psychologie in Erziehung Und Unterricht, 44 (3), 185–201.

Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2018). The design thinking playbook: Mindful digital transformation of teams, products, services, businesses and ecosystems. John Wiley & Sons.

Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. Harvard Business Review, 81 (12), 46–55.

Wagenschein, M. (1977). Rettet die Phänomene! Der Vorrang des Unmittelbaren. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 30 (3), 129–137.

Yike Ying[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

A Comparative Analysis of Collaborative Problem-Solving Skills Among German and Chinese High School Students

Theoretical background

Collaborative problem-solving (CPS) stands out as an indispensable facet of 21st-century skills, especially within the realms of science, technology, engineering, and math (STEM) education (Chen et al., 2019; Hesse et al., 2015). Known for its efficacy in addressing real and intricate problems, CPS in STEM education plays a vital role in instilling scientific knowledge and problem-solving capabilities (Chen et al., 2019; Hesse et al., 2015). Monitoring students' collaborative abilities is crucial, particularly in the STEM framework, where a valid measurement of CPS contributes to a profound understanding of its intricate components. In chemistry, collaborative problem-solving entails negotiating and refining mental models, as well as identifying discrepancies between observed and predicted outcomes. This process draws on various styles of scientific reasoning, including hypothesis generation and testing, experimentation, and evidence evaluation.

Research aims

In most educational systems, collaboration is not explicitly taught but acquired through subject learning, making empirical research on CPS processes and products in educational environments scarce (Graesser et al., 2018). This study addresses the limited research on CPS by comparing the collaborative problem-solving skills of Chinese and German high school students in chemistry. Given the distinct cultural backgrounds and education systems in China and Germany, where Chinese culture emphasizes collective and cooperative efforts while German culture stresses individual independence and autonomy (Bluszcz & Quan, 2016), the research aims to:

- Compare differences in collaborative problem-solving skills between Chinese and German students in chemistry.
- Identify factors influencing variations in students' collaborative problem-solving skills.

Methods and design

To identify shared chemical concepts taught in both countries for designing CPS items, we compared Chinese and German curriculum standards and 10th-grade textbooks. Then based on the PISA 2015 CPS framework, which combines three main collaborative competencies with four processes of individual problem solving to produce a total of 12 CPS skills (OECD, 2017), the CPS-C tool was developed. It consists of three tasks derived from practical experience: Cola Titration (1 agent, 21 items), Fruit Battery (2 agents, 19 items), and Soap Making (3 agents, 20 items). The platform we selected for developing a measurement tool for collaborative chemistry problem-solving capabilities is LimeSurvey (LimeSurvey, 2012). Figure 1 displays the Wright map of the CPS, presenting data for Germany in the first column and China in the second. All items fall within the range of -1.5 to 2.5, covering the complete spectrum of students' ability values. The difficulty distribution exhibits a balanced trend across

the test, with items ranging from relatively easy to more difficult, indicating the tool's efficacy in distinguishing between participants with varying CPS skills.

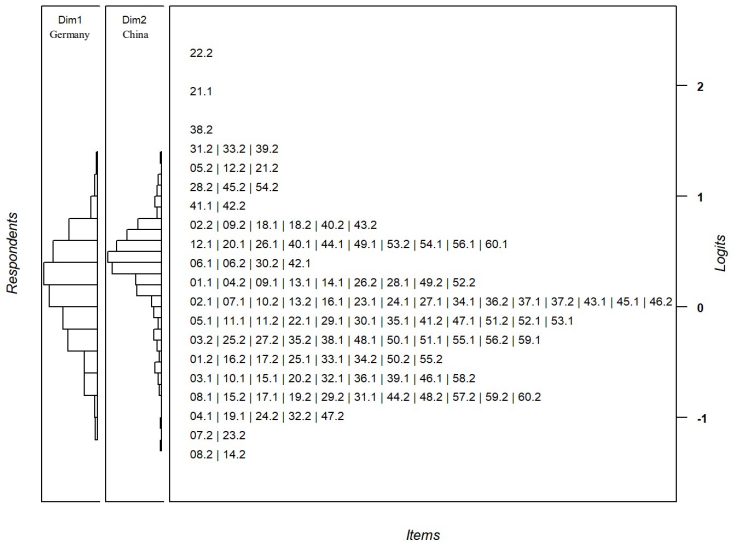


Figure 1. The Wright map of collaboration competencies

To evaluate student performance on the CPS, we scaled raw scores using Multidimensional Item Response Theory (MIRT) models in R 4.2.1 (R Core Team, 2022), and employed the Generalized Partial Credit Model (GPCM) (Muraki, 1992) for rating item scores. A total of 594 students participated in the survey—302 students (140 male/163 female) from Germany and 292 students (205 male/87 female) from China. Additionally, we incorporated an Interest and Motivation test (Rost, 2021), Cognitive Ability test (Heller & Perleth, 2000), Mental Load and Effort test (Krell, 2015), Stress test (Minkley et al., 2018), and Prior Knowledge test to assess potential effects of these factors on students' CPS skills.

Results

This study initially compared CPS performance differences between Chinese and German students. The Mann-Whitney U test revealed that the CPS performance of Chinese students (Mean rank= 344.24) was significantly higher than that of German students (Mean rank= 252.31), ($U = 57740.5$, $p = 0.000$). Regarding gender differences, the Mann-Whitney U test indicated no significant difference in CPS performance between boys and girls ($U = 38957.5$, $p = 0.053$). In the PISA framework (OECD, 2017), CPS skills are divided into four levels: Level 1 represents the lowest proficiency, Level 4 signifies the highest proficiency, and a level below Level 1 is characterized by a deficiency in these skills. Based on the definitions in the PISA framework, we distinguished students' CPS skills at different levels (see Figure 2). The distribution of students' skills in both countries exhibited a higher concentration in the middle levels and fewer at the extremes. The highest percentage of Chinese students at level 3 is 47.95%, while the highest percentage of German students at level 2 is about 45.36%. The percentage of German students at Level 1 and below Level 1 was higher than that of Chinese students.

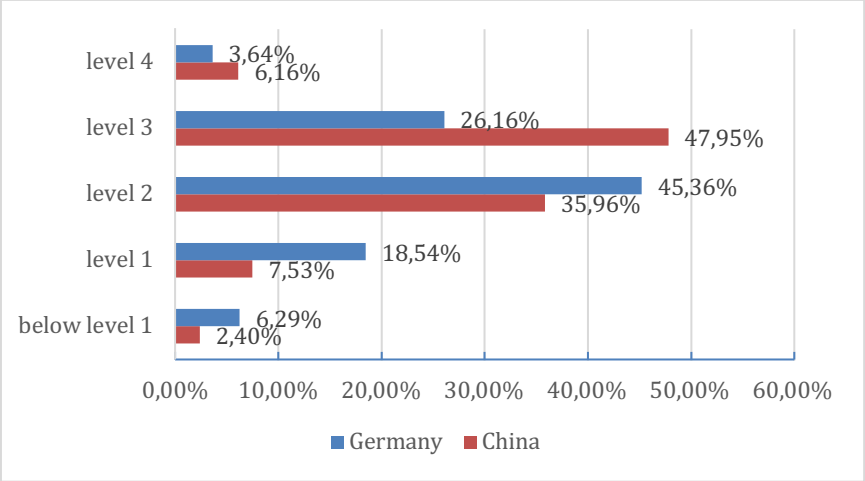


Figure 2. CPS Levels of students in two countries

To explore factors contributing to these differences, Pearson correlation coefficients were computed to assess the linear relationship between CPS and various factors (see Table 1). In both countries, cognitive ability and prior knowledge were positively correlated with students' CPS skills, while stress showed a negative correlation. For German students, interest and motivation were also positively correlated with CPS skills. Among these factors, cognitive abilities had the highest correlation coefficient in both countries.

Table 1. The Correlation of factors with CPS skills

		Country	Cognitive ability	Prior knowledge	Motivation and interest	Mental load and effort	Stress
CPS theta	Pearson Correlation	Germany (N= 302)	.310**	.142*	.238**	.084	-.349**
	Sig. (2-tailed)		.000	.014	.000	.147	.000
	Pearson Correlation	China (N = 292)	.459**	.362**	-.020	-.016	-.159**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.735	.787	.007

Conclusion and discussion

In summary, there were differences in CPS skills between Chinese and German students, with Chinese students performing better than German students. Cognitive ability and prior knowledge are also two important factors that affect CPS skills and are positively correlated with CPS performance. As the complexity of collaboration increased, students performed worse in collaboration. Limitations of this study are the small sample size and small number of schools, which may impact the generalizability of the results.

Literatur

Bluszcz, M., & Quan, S. (2016). Cultural comparison between china and Germany based on hofstede and globe. International Journal of Marketing, Financial Services & Management Research, 5(10), 58-68.

Chen, L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S. i., Shimada, A., Ogata, H., & Yamada, M. (2019). Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 14, 1-28.

Graesser, A. C., Fiore, S. M., Greiff, S., Andrews-Todd, J., Foltz, P. W., & Hesse, F. W. (2018). Advancing the science of collaborative problem solving. Psychological Science in the Public Interest, 19(2), 59-92.

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision: KFT 4-12+ R. Beltz-Test.

Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach, 37-56.

Krell, M. (2015). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory.

LimeSurvey. (2012). LimeSurvey: An open source survey tool. LimeSurvey GmbH. http://www.limesurvey.org

Minkley, N., Kärner, T., Jojart, A., Nobbe, L., & Krell, M. (2018). Students' mental load, stress, and performance when working with symbolic or symbolic–textual molecular representations. Journal of Research in Science Teaching, 55(8), 1162-1187.

Muraki, E. (1992). A generalized partial credit model: Application of an EM algorithm. Applied Psychological Measurement, 16(2), 159-176.

OECD. (2017). "PISA 2015 collaborative problem-solving framework", in PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving. OECD Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264281820-8-en

R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. In (Version 4.2.1) R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org

Rost, M. (2021). Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive. Logos Verlag Berlin.

Melanie Renner Universität Graz
Claudia Haagen-Schützenhöfer

Sprache als Medium
Studierendenvorstellungen zu Sprache im Physikunterricht

Sprache ist in den letzten Jahren nicht nur vermehrt Thema bildungswissenschaftlicher Diskurse, sondern auch ins Zentrum des Interesses naturwissenschaftsdidaktischer Forschung gerückt. Insbesondere bildungs- und fachsprachlichen Kompetenzen wird ein bedeutender Einfluss auf den Bildungserfolg von Schüler*innen zugeschrieben (Ahrenholz, 2017; Becker-Mrotzek & Roth, 2017). Gleichzeitig zeigen Ergebnisse von Schulleistungsstudien wie etwa PISA (vgl. Stanat, Rauch & Segeritz, 2010) und TIMSS (vgl. Bos, Wendt, Köller & Selter, 2012), dass sprachliche Anforderungen sowohl für Schüler*innen mit Deutsch als Zweitsprache als auch für jene mit Deutsch als Erstsprache oft ein Hindernis für den fachlichen Lernprozess darstellen und fehlende bildungssprachliche Kompetenzen sich auch negativ auf deren naturwissenschaftliche Leistungen auswirken. Diese Erkenntnisse resultierten u. a. in einer verstärkten Verankerung von bildungs- und fachsprachlichen Kompetenzen in den österreichischen Lehrplänen. Auch (angehende) Lehrkräfte sollen darauf vorbereitet werden, Schüler*innen beim Aufbau von bildungs- und fachsprachlichen Kompetenzen zu unterstützen. Dies erfolgte am Standort Graz durch die Einführung eines durchgängigen Pflichtmoduls zur sprachlichen Bildung im Lehramtsstudium. Um Lerngelegenheiten passend an die Voraussetzungen und Bedürfnisse der Studierenden zu gestalten, ist es gemäß Model of Educational Reconstruction for Teacher Education (van Dijk & Kattmann, 2007) erforderlich, die Vorstellungen der Studierenden zu kennen. Dem wurde mit diesem Dissertationsprojekt (Renner, im Druck) nachgegangen und Vorstellungen in Bezug auf Sprache im Physikunterricht erhoben.

Untersuchungsdesign

Da für den österreichischen Raum keine Daten zu Vorstellungen von Physik-Lehramts–studierenden zu Sprache im Physikunterricht vorliegen, wurde für dieses Projekt ein explorativer Zugang mittels Grounded Theory Methodologie (GTM) nach Strauss & Corbin (1996) gewählt. Dabei handelt es sich um einen qualitativen Forschungsstil zur Theoriegenese auf Basis empirischer Daten, der sich durch einen zirkulären Forschungsprozess auszeichnet. Ziel der GTM ist es, eine konzeptuelle Repräsentativität zu erreichen, also möglichst alle Eigenschaften und Dimensionen des Phänomens im Feld zu erheben (Strübing, 2021). Für das vorliegende Projekt bedeutete dies, ein möglichst breites Spektrum an Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zur Rolle von Sprache in Lehr- und Lernprozessen im Allgemeinen bzw. im Physikunterricht im Speziellen zu erheben. Als Datenbasis fungierten semistrukturierte Leitfadeninterviews mit N=10 Physik-Lehramtsstudierenden (5 männlich, 5 weiblich) im Bachelor, die ungleich weit im Studium fortgeschritten waren sowie unterschiedliche Zweitfächer, Praktikumserfahrungen und regionale Herkunft aufwiesen.

Ergebnis: Modell Sprache als Medium des Physikunterrichts

Das Ergebnis dieses Dissertationsprojektes ist ein Modell unter der metaphorischen Perspektive von „Sprache als Medium“, in dem die aus den Daten abstrahierten Vorstellungen

der Studierenden zu Sprache im Physikunterricht in komplexen und eng miteinander verwobenen Kategorien repräsentiert werden. Im Folgenden soll ein Überblick über dieses Modell mit seinen zentralen Kategorien gegeben werden (vgl. Abbildung 1 als vereinfachte Version des resultierenden Modells in Renner, im Druck).

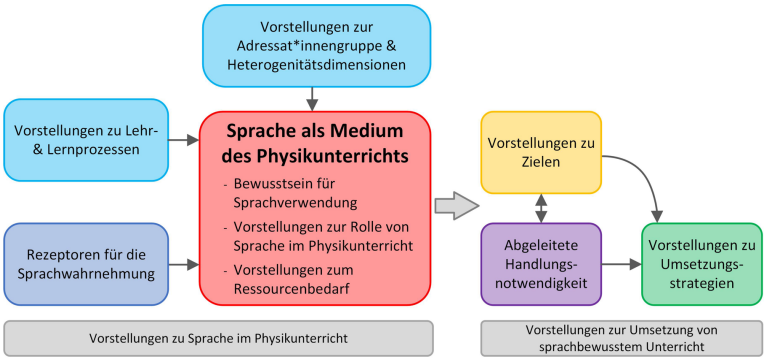


Abb. 1 Vereinfachte Version des Modells von Sprache als Medium des Physikunterrichts (Renner, im Druck)

Kern des vorliegenden Modells bildet die Vorstellung von Sprache als Medium des Physik–unterrichts. Sprache lässt sich in Anlehnung an das physikalische Konzept des Mediums zum Beispiel bei der Übertragung von Schallwellen verstehen. Damit sollen zwei wichtige Aspekte in den Vorstellungen der Studierenden zu Sprache hervorgestrichen werden:

1. So wie Schallwellen ein Ausbreitungsmedium (z. B. Luft) benötigen, ist in den Vor–stellungen der Studierenden Sprache als Kommunikationsmittel Voraussetzung für Unterricht. Im Gegensatz zu empirischen Befunden in den Bildungswissenschaften (vgl. Kempert et al., 2019), die der kognitiven Funktion von Sprache eine große Relevanz beimessen, reduzieren die befragten Studierenden Sprache auf ihre kommunikative Funktion, also auf ihre Rolle als Transportmedium für die Übermittlung von Fachinhalten.
2. Das Gelingen dieses „Übertragungsprozesses“ wird in den Vorstellungen der Studierenden durch zwei Seiten beeinflusst. Einerseits durch die spezifischen sprachlichen Voraussetzungen der Schüler*innen also deren sprachliche „Frequenzbereiche“. Wenn diese Voraussetzungen nicht zur sprachlichen Realisierung der Lehrperson passen, können die Schüler*innen den Input der Lehrkraft nicht aufnehmen (wie z. B. auch der Mensch die Hundepfeife nicht hören kann). Andererseits wird das Gelingen durch die Lehrperson selbst beeinflusst. Die Lehr–person muss die sprachlichen Anforderungen des Unterrichts an die Voraussetzungen der Schüler*innen anpassen können. Im Modell entsprechen diese beiden Einflussfaktoren den Kategorien „Rezeptoren für die Sprachwahrnehmung“ und „Vorstellungen zur Adressat*in–nengruppe & Heterogenitätsdimensionen“.

Auf Seite der Lehramtsstudierenden in ihrer Rolle als Lehrkräfte repräsentieren die „Rezeptoren für die Sprachwahrnehmung“ ihre sprachlichen Kompetenzen, die sprachlichen Voraussetzungen der Schüler*innen sowie ihre eigenen sprachlichen Realisierungen wahrnehmen zu können und zu wollen. Dafür benötigen die Studierenden auf der einen Seite ein basales sprachliches Wissen über die sprachlichen Spezifika des Physikunterrichts aber auch die Bereitschaft, die sprachlichen Anforderungen ihres Physikunterrichts zu analysieren. Es zeigt sich, dass bei einer bestimmten Zusammensetzung der Lernendengruppe die Reflexion der sprachlichen Anforderungen des Physikunterrichts gar nicht erst für notwendig

empfunden wird, weil die Proband*innen davon ausgehen, dass die Schüler*innen ohnehin keine Probleme mit Sprache im Physikunterricht hätten. Deswegen wurden die Vorstellungen der Studierenden zur Adressat*innengruppe sowie den ihnen zugeschriebenen Hetero–genitätsdimensionen näher beleuchtet. Hier wurde deutlich, dass die Studierenden die Lernenden nach ihren sprachlichen und kognitiven Voraussetzungen in bestimmte Gruppen einteilen, wie etwa die konzeptualisierte Gruppe „Schüler*innen mit Migrationshintergrund" sowie die Gruppen „Schüler*innen aus bildungsfernen" und „bildungsnahen Elternhäusern". Der Gruppe „Schüler*innen aus bildungsnahen Elternhäusern" schreiben die Studierenden sowohl gute kognitive als auch sprachliche Fähigkeiten zu. Sie bildet außerdem die vermeintliche „Norm", mit der sie alle anderen Gruppen vergleichen und defizitär in Bezug auf diese Norm beschreiben. Dies lässt sich aus verwendeten Ausdrücken wie „hintennach hinken" (P6, Z. 285) schließen.
Die Kernkategorie „Sprache als Medium", die oben bereits kurz umrissen wurde, beschreibt näher, wie das Medium Sprache von den Proband*innen wahrgenommen und für Lehr- und Lernprozesse im Physikunterricht eingesetzt wird. Darin sind jene Vorstellungen zusammen–gefasst, die die Studierenden mit Sprache im Physikunterricht verbinden, beispielsweise welche Vorstellungen sie zu Bildungs- und Fachsprache haben bzw. was ihrer Meinung nach ein adäquat angepasstes Sprachmedium auszeichnet, was sie allgemein unter Sprach–bewusstheit verstehen etc. Als Voraussetzung für eine tiefergehende Auseinandersetzung bzw. Reflexion von Sprache wurde ein Bewusstsein für sprachliche Anforderungen identifiziert. So zeigt sich bei einigen Studierenden, dass sie davon ausgehen, dass lediglich fremdsprachliche Begriffe oder griechische Buchstaben ein Problem für das Verständnis darstellen können.

Vorstellungen zur Umsetzung von sprachbewusstem Unterricht
Basierend auf diesen oben beschriebenen grundlegenden Vorstellungen zu Sprache im Phy–sikunterricht wird von den Proband*innen eine (bzw. womöglich auch keine) Handlungsnot–wendigkeit für die Umsetzung eines sprachbewussten Unterrichts abgeleitet. Ihre spezifischen Vorstellungen zum sprachbewussten Unterricht wurden in den drei eng miteinander verwo–benen Kategorien „abgeleitete Handlungsnotwendigkeit", „Vorstellungen zu Zielen" und „Vorstellungen zu Umsetzungsstrategien" eines sprachbewussten Unterrichts beschrieben.
Ob die Studierenden in ihrer Rolle als Lehrkraft eine Notwendigkeit für die Gestaltung eines sprachbewussten Unterrichts ableiten, hängt davon ab, ob sie eine Diskrepanz zwischen dem wahrgenommenen und dem angestrebten Zustand erkennen, den sie beheben wollen. Dabei wird jedoch deutlich, dass einige Studierende schon bei geringeren Diskrepanzen eine Handlungsnotwendigkeit ableiten als andere. So verspüren einige Studierende beispielsweise einen starken Druck durch fremdgesetzte Erwartungen an ihre Sprachverwendung, während andere Studierende aus intrinsischer Motivation heraus eine sprachbewusste Unterrichts–gestaltung intendieren. Außerdem hängt die Ableitung der Handlungsnotwendigkeit damit zusammen, welche Ziele sie mit sprachbewusstem Unterricht erreichen wollen. Zentrales Ziel in den Vorstellungen der Studierenden ist die erleichterte bzw. verbesserte Inhaltsvermittlung. Sprachliche Ziele, insbesondere produktive sprachliche Ziele, wie etwa dass die Schüler*innen selbst Sprache zielgerichtet einsetzen können, spielen in den Vorstellungen der Proband*innen hingegen eine deutlich untergeordnete Rolle. Die Vorstellungen der Studierenden zu Umsetzungsstrategien von sprachbewusstem Unterricht sind wiederum eng verwoben mit den konzeptualisierten Gruppen. Zwei dieser Strategien sind eine intendierte sprachliche Entlastung der Schüler*innen und eine weitgehende Entkopplung von sprachlichen und fachlichen Lehr-Lernprozessen.

Literatur

Ahrenholz, B. (2017). Sprache in der Wissensvermittlung und Wissensaneignung im schulischen Fachunterricht. In B. Lütke, I. Petersen & T. Tajmel (Hrsg.), Fachintegrierte Sprachbildung. Forschung, Theoriebildung und Konzepte für die Unterrichtspraxis (S. 1–31). Berlin/Boston: De Gruyter.

Becker-Mrotzek, M. & Roth, H.-J. (2017). Sprachliche Bildung - Grundlegende Begriffe und Konzepte. In M. Becker-Mrotzek & H.-J. Roth (Hrsg.), Sprachliche Bildung - Grundlagen und Handlungsfelder (Sprachliche Bildung, Bd. 1, S. 11–36). Münster: Waxmann.

Bos, W., Wendt, H., Köller, O. & Selter, C. (Hrsg.). (2012). TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Kempert, S., Schalk, L. & Saalbach, H. (2019). Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66(3), 176–195.

Renner, M. (im Druck). Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen).

Stanat, P., Rauch, D. & Segeritz, M. (2010). Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel et al. (Hrsg.), PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt (S. 200–230). Münster: Waxmann.

Strauss, A. L. & Corbin, J. M. (1996). Grounded Theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Beltz.

Strübing, J. (2021). Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatistischen Forschungsstils (4. vollständig überarbeitete und erweitere Auflage). Wiesbaden, Heidelberg: Springer VS.

Van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. Teaching and teacher education, 23(6), 885–897.

Louisa Winter[1,2] [1]Universität Wien
Martin Hopf[1] [2]Pädagogische Hochschule Wien

Akzeptanzbefragungen zur Energieübertragung in elektrischen Systemen

Theoretischer Rahmen

Die Frage, wie Energie in einem einfachen elektrischen Stromkreis übertragen wird, ist nicht so trivial, wie sie zunächst scheint. Eine kürzlich abgeschlossene Masterarbeit an der Universität Wien hat gezeigt, dass Schüler:innen oft verschiedene und fachlich inkorrekte Antworten darauf geben (Pilser, 2023). Diese Erkenntnis wirft Bedenken auf, wie effektiv der bisherige Unterricht zur Energie in der Elektrizitätslehre ist.

Wir wissen durch die physikdidaktische Forschung, dass Schüler:innen Schwierigkeiten damit haben, ein konzeptuelles Verständnis für den einfachen elektrischen Stromkreis zu bilden. Die Energie(übertragung) im Kontext des elektrischen Stromkreises zu beschreiben ist dabei nur eine von vielen Herausforderungen (Engelhardt & Beichner, 2004; Pilser, 2023).

Um diesem Problem zu begegnen, lohnt es sich bestehende Unterrichtskonzeptionen genauer in den Blick zu nehmen. Es gibt bereits viele Unterrichtsdesigns zur einfachen Elektrizitätslehre. Davon beschäftigen sich auch einige explizit mit dem Thema Energie in elektrischen Stromkreisen (vgl. Burde, 2018; Muckenfuß & Walz, 1997), elektrischen und/oder magnetischen Feldern (vgl. Backhaus, 1987; Sefton, 2002) und sogar Oberflächenladungen (vgl. Härtel, 2012; Müller, 2012). Der Prozess der Energieübertragung nimmt dabei aber meist nur eine untergeordnete Rolle ein, wenn er überhaupt diskutiert wird. Zudem sind nicht alle dieser Unterrichtskonzeptionen empirisch validiert. Es fehlt somit eine Unterrichtskonzeption, die sich auf die Energieübertragung im elektrischen Kontext fokussiert und Schüler:innen dabei unterstützt, ein fundiertes Verständnis zu diesem Thema zu entwickeln und gleichzeitig empirisch validiert ist.

Forschungsdesign und -methoden

Dieses Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, ein neues Unterrichtsdesign für Schüler:innen der Sekundarstufe II (15-17 Jahre) zu entwickeln, der elektromagnetische Felder zur Erklärung der Energieübertragung in elektrischen Systemen verwendet.

Die folgenden Forschungsfragen sollen im Zuge dieses Projekts beantwortet werden:

- F1: Inwiefern sind Schüler:innen der Sek. II in der Lage, mithilfe der Konzeptideen des Unterrichtsdesigns entsprechende Verständnisaufgaben zu lösen?
- F2: Welche Vorstellungen haben Schüler:innen der Sek. II vor bzw. nach dem Unterricht zur Energieübertragung in elektrischen Systemen?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein Design-Based-Research-Ansatz gewählt. Dabei wird ausgehend von einer didaktischen Rekonstruktion der Fachinhalt sowie die Schüler:innenperspektiven zu dem Thema Energieübertragung in elektrischen Systemen analysiert um eine didaktische Strukturierung des Inhalts vorzunehmen (Kattmann, Duit, Gropengiesser & Komorek, 1997). Im Zuge dieser didaktischen Rekonstruktion wurden zehn Konzeptideen, sogenannte ‚Key ideas' erstellt, die die Grundlage für einen Interviewleitfaden bilden. Der Interviewleitfaden wurde dazu verwendet, 21 Einzelinterviews mit Schüler:innen der Sekundarstufe II durchzuführen. In Tabelle 1 findet sich eine Übersicht der teilnehmenden Schüler:innen, die aus drei allgemeinbildenden, höheren Schulen (AHS) in Wien stammen.

	1. Interviewrunde	2. Interviewrunde	3. Interviewrunde
Durchführungszeitraum	Juni-Juli 2021	Jänner-März 2022	Oktober-November 2022
Anzahl der Interviews	N = 7	N = 7	N = (7) 6
Schulstufe	11	11	10
Alter	16-17 Jahre	16-17 Jahre	15-16 Jahre
Interviewdauer	30 min bis 1 h	1 h	1,25 h

Tabelle 1: Stichprobe der Interviewstudie.

Für die Durchführung der Interviews wurde die Methode der Akzeptanzbefragung (Jung, 1992) verwendet. Dabei wird jede Konzeptidee in vier Schritten behandelt: 1) Erklärung, 2) Akzeptanz, 3) Paraphrase und 4) Aufgabe (siehe Abbildung 1). Dadurch erhält man einen tieferen Einblick in den Lernprozess von Schüler:innen.[1]

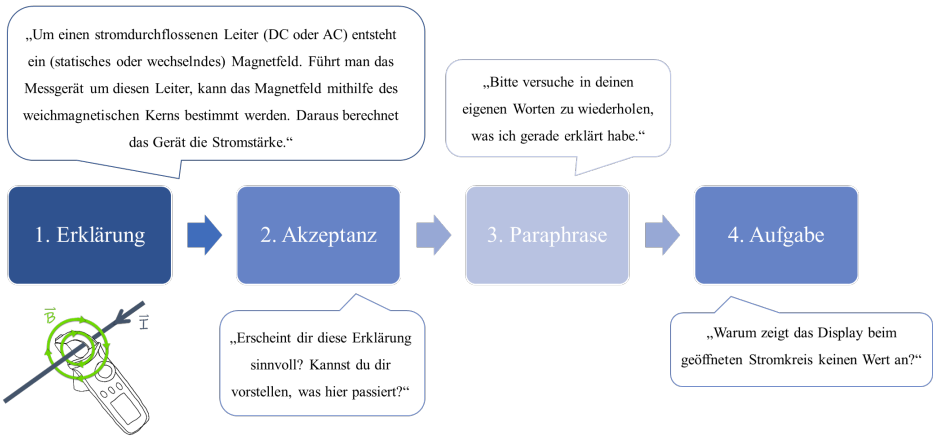


Abbildung 1: Ablauf der Akzeptanzbefragungen am Beispiel einer Konzeptidee zum magnetischen Feld.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen dieser Interviewstudie wurden drei Interviewrunden durchgeführt. Die Ergebnisse jeder Runde wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz, 2016). Dabei wurden Aussagen, die völlig korrekt sind, grün (3), Aussagen, die nur teilweise korrekt sind, gelb (2) und Aussagen, die völlig falsch sind, rot (1) kodiert. Das Ergebnis ist eine Kodierungs-Landkarte, die Einblicke darin erlaubt, welche Konzeptideen gut und welche weniger gut von den Schüler:innen aufgenommen werden (siehe Tabelle 2 als Beispiel einer Konzeptidee). Aufgrund dieser Analyse wurde nach jeder Runde eine Überarbeitung des Interviewleitfadens und der Konzeptideen durchgeführt. Dieser zyklische Prozess des Designs und Re-Designs wiederholt sich mehrmals, wobei in jeder Runde neue Schlüsse über die Akzeptanz des Unterrichtsdesigns gezogen werden können.

Interrater-Validität

Im Rahmen der Auswertung wurde die Interrater-Validität (Landis & Koch, 1977) analysiert. Hierzu wurden 10% der Transkripte von einer weiteren Person kodiert. In der ersten Runde der Akzeptanzbefragungen ergab sich ein Cohens-Kappa-Wert von $\kappa = 0{,}91$ was in der

[1] Eine ausführliche Beschreibung der Akzeptanzbefragungs-Methode im Rahmen dieses Projekts wurde im GDCP Tagungsband 2021 erläutert (Morris & Hopf, 2022).

Literatur als „almost perfect“ beschrieben wird (Landis & Koch, 1977). In der zweiten Runde betrug das Cohens-Kappa $\kappa = 0{,}55$ und in der dritten Runde $\kappa = 0{,}60$. Diese Werte werden als „moderate“ eingestuft (Landis & Koch, 1977) und sind somit zufriedenstellend.

Ergebnisse und Diskussion der dritten Konzeptidee

Die nachfolgende Tabelle stellt die Ergebnisse einer Konzeptidee zum elektrischen Feld aus den drei Runden an Akzeptanzbefragungen mit insgesamt 20 Schüler:innen dar. Der 21. Interviewproband (IP) behandelt einen Sonderfall und wird aus dieser Analyse ausgeschlossen. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zur Akzeptanz, Paraphrase und zwei Aufgaben zu der Konzeptidee abgebildet.

	Runde 1								**Runde 2**								**Runde 3**						
IP	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{x}$	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	15	16	17	18	19	20	$\bar{x}$
Erklärung																							
Akzeptanz	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3	3	2	3	3	3	2,83
Paraphrase	2	3	3	3	2	2	3	2,57	3	2	2	3	3	2	3	2,57	3	2	2	3	3	3	2,67
Aufgabe 1	3	2	1	3	1	2	3	2,14	2	2	2	3	2	2	2	2,14							
Aufgabe 2	3	0	0	3	3	3	3	3,00	2	3	2	3	3	3	2	2,57	3	3	3	3	3	3	3,00
								2,68								**2,57**							**2,83**

Tabelle 2: Ergebnisse der Konzeptidee zum elektrischen Feld aus den drei Interviewrunden.

Wie man anhand Tabelle 2 erkennen kann, wurde die Erklärung dieser Konzeptidee von fast allen Schüler:innen sehr gut aufgenommen und mit grün (3) bewertet. Lediglich im Interview mit IP17 wurde die Akzeptanz mit gelb (2) bewertet, da es hier eine Verständnisfrage seitens der Schülerin / dem Schüler gab, die sich jedoch schnell klären ließ.

Des Weiteren zeigt Tabelle 2, dass die Paraphase in 12 von 20 Fällen grün (3) kodiert werden konnte. Die mit gelb (2) bewerteten Stellen verdeutlichen dagegen Stellen, die noch herausfordernd für Schülerinnen und Schüler sind. Dabei wurden insbesondere zwei Schwierigkeiten häufig beobachtet: In den ersten beiden Runden der Paraphrasen zeigten Schüler:innen eine häufige Tendenz, das Magnetfeld mit dem elektrischen Feld zu verwechseln, indem sie die Begriffe synonym verwendeten. Als Reaktion darauf wurde ein ‚Kognitives Stoppschild‘ eingeführt, um sie dazu zu ermutigen, bei der Begriffswahl genauer zu sein. Dies führte dazu, dass in der dritten Runde diese Verwechslung nicht mehr auftrat. Ebenso hatten einige Schüler:innen Schwierigkeiten, Oberflächenladungen von den Ladungen im Inneren des Leiters zu unterscheiden. Um diese Verwechslung zu verringern, wurde in der dritten Runde eine zusätzliche Konzeptidee eingeführt, die sich speziell mit Oberflächenladungen befasste, was zu einer deutlichen Verbesserung führte.

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, erhielten die Schüler:innen in den ersten beiden Runden jeweils zwei Aufgaben, während in der dritten Runde nur eine Aufgabe zum elektrischen Feld gestellt wurde. Die erste Aufgabe, bei der die Schüler:innen beschreiben sollten, ob ein Alufolienstück oder ein Strohhalm in einem offenen Stromkreis abgelenkt wird, wurde aufgrund ihrer Schwierigkeit nach der zweiten Runde verworfen. Stattdessen wurde die zweite Aufgabe beibehalten, bei der die Schüler:innen Beispiele aus dem Alltag nennen sollten, in denen ein elektrisches Feld und ein elektrisches System auftreten.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, welche Konzepte von den Schüler:innen gut verstanden wurden und welche zu Verständnisschwierigkeiten führen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde eine neue Lehr-Lern-Sequenz (LLS) mit zugehörigen Unterrichtsmaterialien entwickelt. Die LLS wird im Herbst 2023 mit sieben Klassen der 11. Schulstufe aus vier allgemeinbildenden höheren Schulen (AHS) in Wien ausgetestet. Für die Auswertung wird ein Prä- und Posttestverfahren angewendet, um die Wirksamkeit des Unterrichtsdesigns beurteilen zu können. Darüber hinaus werden Interviews mit den teilnehmenden Lehrpersonen geführt.

Literaturverzeichnis

Backhaus, U. (1987). Der Energietransport durch elektrische Ströme und elektromagnetische Felder. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, *36*(3), 30. Verfügbar unter: http://www.didaktik.physik.uni-due.de/~backhaus/publicat/Energietransport.pdf

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (BGBl. Nr. 88/1985). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Verfügbar unter: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, *72*(1), 98–115. https://doi.org/10.1119/1.1614813

Härtel, H. (2012). Der alles andere als einfache elektrische Stromkreis. *PdN PHYSIK in der Schule*, *Vol 61*, 17–24.

Jung, W. (1992). Probing acceptance: A technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991* (IPN, Bd. 131, S. 278–295). Kiel.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *3*, 3–18.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 3. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, *33*(1), 159. https://doi.org/10.2307/2529310

Morris, L. & Hopf, M. (2022). Energieübertragung in elektrischen Systemen mithilfe von elektromagnetischen Feldern erklären. In *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: GDCP Tagungsband 2022* (S. 556–559). Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Verfügbar unter: https://ucris.univie.ac.at/portal/en/publications/energieubertragung-in-elektrischen-systemen-mithilfe-von-elektromagnetischen-feldern-erklaren(2e4aab1d-ee10-490b-8608-09810e099205).html

Muckenfuß, H. & Walz, A. (Hrsg.). (1997). *Neue Wege im Elektrikunterricht. Vom Tun über die Vorstellung zum Begriff* (Unterrichtshilfen Naturwissenschaften, 2., überarb. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Müller, R. (2012). A semiquantitative treatment of surface charges in DC circuits. *American Journal of Physics*, *80*(9), 782–788. https://doi.org/10.1119/1.4731722

Pilser, A. (2023). *Empirische Erhebung von Vorstellungen zur Energie in der Elektrizitätslehre*. Wien. https://doi.org/10.25365/thesis.73249

Sefton, I. M. (2002). *Understanding Electricity and Circuits: What the Text Books Don't Tell You*. Proceedings of the 9th Science Teachers Workshop, Sydney.

Irina Braun[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen

Kontextbasiertes Problemlösen: Anwendung von Mesomerie in OC-Aufgaben

Ausgangslage

In der Organischen Chemie (OC) stellt Mesomerie ein fundamentales Konzept dar (Duis, 2011). So hilft die Betrachtung der Elektronendichteverteilung in Molekülen mit π-Systemen, Struktureigenschaften abzuleiten (z. B. Acidität) und Reaktionsprozesse zu verstehen (z. B. Diels-Alder-Reaktionen). Obwohl dieses Konzept für den Lernerfolg in der OC wichtig ist, stellt es viele Lernende vor Schwierigkeiten. Neben Zeichenschwierigkeiten (z. B. Braun, Langner & Graulich, 2022) fällt es Lernenden etwa schwer, ausgehend von mesomeren Grenzformeln die Elektronendichteverteilung dynamisch zu interpretieren, was in alternative Vorstellungen mündet (z. B. Xue & Stains, 2020). Ferner wurde in verschiedenen Studien herausgestellt, dass Lernende Mesomerie nur selten in Problemlöseaufgaben heranziehen (z. B. Finkenstaedt-Quinn, Watts, Petterson, Archer, Snyder-White & Shultz, 2020). Da hierbei allerdings nur einzelne Kontexte betrachtet werden, bleibt unklar, wie Lernende Mesomerie über verschiedene Kontexte hinweg nutzen.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen

Gemäß des Ressourcen-Frameworks (Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005) ist Wissen keine intakte kognitive Einheit, die zwischen Kontexten als Ganzes übertragen werden kann. Stattdessen ist dieses durch eine Vielzahl an Ressourcen (kognitive Elemente, z. B. p-Prims) unterschiedlichen Aktivierungsgrads gekennzeichnet. Die Ressourcenaktivierung hängt dabei entscheidend von der Situationswahrnehmung (*framing*) ab (Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005). Im Einklang mit diesem dynamischen Kognitionsmodell beschreibt die Koordinationsklassen-Theorie (naturwissenschaftliches) Konzeptverständnis (diSessa & Wagner, 2005). Hierunter fällt die Fähigkeit, konzeptbezogene Informationen in verschiedenen Situationen wahrnehmen und problembezogen verarbeiten zu können, wobei diese Prozesse, wie folgt erläutert, durch das Zusammenspiel verschiedener Komponenten gekennzeichnet sind (diSessa & Wagner, 2005). In der OC werden viele Informationen oftmals durch Strukturformeln vermittelt. Jedoch können selbst kleinste Strukturformeln viele Informationen enthalten (Verknüpfungen, Atomarten, etc.). Die Art der Informationsselektion wird hierbei durch die *Extraktionsstrategien* bestimmt. Bei Stabilitätsvergleichen würde z. B. die Anzahl der Ladungen, mesomere Grenzformeln oder die Art der Substituenten in den Strukturen betrachtet werden. Diese selektierten Informationen werden dabei als *Extraktionen* bezeichnet. Auf Basis der Informationsselektion wird sodann ein Netz an konzeptbezogenen Ressourcen aktiviert, die zur Problemlösung beitragen (*Inferenznetz*). In konkreten Situationen werden nur einzelne Extraktionsstrategien und Ressourcen aktiviert (*Konzeptprojektion*). Die Gesamtheit an konzeptbezogenen Extraktionsstrategien und Ressourcen werden hingegen als *Koordinationsklasse* bezeichnet (diSessa & Wagner, 2005). Aus dieser theoretischen Perspektive folgt, dass die Betrachtung unterschiedlicher Kontexte dazu beitragen kann, das mesomeriebezogene Konzeptverständnis der Lernenden umfassender zu charakterisieren, wodurch sich folgende Forschungsfragen (FF) ergeben:

FF1: Wie nutzen Studierende Mesomerie in unterschiedlichen Kontexten?
FF2: Was macht die Konzeptnutzung hinsichtlich der Koordinationsklassen-Komponenten produktiv?

Studiendesign und Datenanalyse

Hierzu wurde mit OC1-Studierenden (*N*=21) eine qualitative, explorative Interviewstudie durchgeführt. Diese hatte die Bearbeitung von drei Fallvergleichsaufgaben (Graulich & Schween, 2018) zum Bestandteil, die jeweils von einer Retrospektive mit Fokus auf die zugrundeliegenden Denkansätze und Problemlösestrategien der Lernenden begleitet wurden. Die drei Aufgaben waren in unterschiedlichen OC-Kontexten eingebettet (1. Elektrophile aromatische Zweitsubstitution, 2. Nukleophiler Angriff 3. Abspalten einer Abgangsgruppe) und erforderten zur Abwägung der beiden Reaktionswege die Anwendung von Mesomerie.
In der mehrschrittigen Analyse wurden zunächst aus den Interviewtranskripten die Extraktionsstrategien der Studierenden induktiv herausgestellt: Betrachtung der a) globalen Stabilität, b) lokalen Stabilität, c) Reaktivität, d) Elektrostatik, e) Strukturen. In einem weiteren Schritt wurden iterativ 31 aktivierte Ressourcen im Zusammenhang mit Mesomerie herausgearbeitet (z. B. „M-Effekt ist stärker als I-Effekt“, „Gleiche Ladungen stoßen sich ab“) und diese hinsichtlich ihrer Granularität (phänomenologisch, strukturell, elektronisch, energetisch) codiert (Deng & Flynn, 2021). Weiterhin wurden individuelle Ressourcengraphen erstellt, die die Verknüpfung der aktivierten Ressourcen in den Aufgaben visualisieren (Wittmann, 2006). Anhand der Strukturmerkmale, auf die sich die Studierenden im Problemlöseprozess bezogen, wurden ferner 17 Extraktionen induktiv codiert, welche in globale (z. B. Anzahl mesomerer Grenzformeln) und lokale Extraktionen (z. B. Ladung) unterteilt wurden. Schließlich wurden durch Kontrastieren der einzelnen studentischen Problemlöseprozesse Trends bzgl. der verschiedenen Koordinationsklassen-Komponenten herausgestellt.

Ausgewählte Ergebnisse

Obwohl die Studierenden unabhängig vom Problemlöseerfolg über alle Aufgaben hinweg Ressourcen mit ähnlicher Granularität (mit starkem Fokus auf elektronische Ressourcen) aktivierten (*Abb. 1A*), zeigte die Analyse der Extraktionsstrategien, dass sie je nach Aufgabe unterschiedliche Herangehensweisen wählten (vgl. *framing*) und auch für dieselbe Aufgabe unterschiedliche Extraktionsstrategien aufwiesen, die zum Problemlöseerfolg beitrugen und somit produktiv sein konnten. Beispielsweise kann in Aufgabe 3 sowohl die Betrachtung der globalen Stabilität als auch der lokalen Stabilität produktiv sein (*Abb. 1B*).

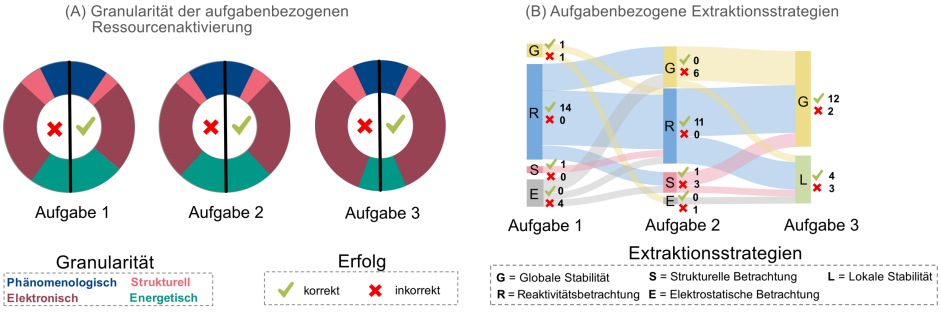


Abb 1. (A) Relativer Anteil an aktivierten Ressourcen in Abhängigkeit vom Problemlöseerfolg mit Angabe der Granularität in den jeweiligen Aufgaben; (B) Aufgabenbezogene Extraktionsstrategien mit Angabe des Problemlöseerfolgs.

Folglich aktivieren die Studierenden bei der Aufgabenbearbeitung unterschiedliche Konzeptprojektionen, wobei kein klarer Trend hinsichtlich der Produktivität erkennbar ist. Vielmehr deutet sich an, dass die Konzeptnutzung individuell und das Problemlösen somit komplex ist (FF1). Eine nähere Betrachtung der Problemlöseprozesse mit Blick auf die Koordinationsklassen-Komponenten gibt jedoch Aufschluss über Charakteristika produktiver Konzeptprojektionen (FF2). Der Vergleich der Konzeptprojektionen zeigt, dass die Wahl der Extraktionsstrategien oftmals produktiv wird, wenn die Studierenden an die Aufgaben induktiv und analytisch herangehen (d. h. sich zunächst das Aufgabenziel bewusst machen und herausstellen, was gesucht wird) sowie prozessorientiert vorgehen (d. h. den dargestellten Reaktionsschritt rekonstruieren). Unproduktiven Extraktionsstrategien liegt hingegen eine fehlende Strukturreflexion zugrunde, die sich beispielsweise an der Wahl der Extraktionsstrategie ausgehend von salienten Oberflächenmerkmalen zeigt (z. B. bei gegebener positiver Ladung eine negative Ladung erzwingen). Zur Produktivität der Konzeptprojektionen tragen ferner Extraktionen bei, die durch eine Vielfalt und das Zusammenspiel von globalen und lokalen Strukturmerkmalen gekennzeichnet sind, da dies die Aktivierung von relevanten Ressourcen begünstigt (z. B. Bestimmung der Art des M-Effekts). Hinsichtlich der Ressourcen aktivieren Studierende mit unproduktiven Konzeptprojektionen öfter Ressourcen, die per se nicht mit Mesomerie zusammenhängen (z. B. „Sterische Hinderung erschwert den Angriff“ [17% unproduktiv (U), 4% produktiv, (P)]) oder verkürzte Regeln (z. B. „Ähnlich verknüpfte Verbindungen reagieren ähnlich“ [22% U, 2% P]). Produktive Konzeptprojektionen gehen hingegen häufiger mit Ressourcen einher, die einen abwägenden Charakter haben (z. B. „Ladungsverteilung gemäß der Elektronegativität ist bevorzugt“ [6% U, 49% P]) oder die strukturellen Voraussetzungen für Mesomerie stärker in den Blick nehmen (z. B. „Konjugierte Systeme ermöglichen Mesomerie“ [22% U, 47% P]). Trotz dieser Unterschiede wurden viele Ressourcen von den Studierenden gleichermaßen aktiviert. Unterschiede zeigten sich hier in der Ressourcenverknüpfung. So sind produktive Konzeptprojektionen durch eine höhere Komplexität der Ressourcengraphen gekennzeichnet. Dabei werden die Ressourcen über die verschiedenen Granularitätsebenen hinweg (z. B. Kombination von elektronischen mit energetischen Ressourcen) verknüpft, was auf eine ganzheitliche Konzeptnutzung hindeutet. Schließlich sind produktive Konzeptprojektionen durch die gekoppelte Aktivierung von abwägenden Ressourcen mit anderen Ressourcen gekennzeichnet (z. B. elektronenziehende Eigenschaften evidenzbasiert gemeinsam mit Elektronegativitäten betrachten), wodurch die Konzeptnutzung reflektierter wird.

Fazit und Implikationen

Die Nutzung von Mesomerie ist über die Kontexte hinweg individuell, was in die Aktivierung vielfältiger (un-)produktiver Konzeptprojektionen mündet und durch ein komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren gekennzeichnet ist. Dennoch konnten Charakteristika für die produktive Heranziehung von Mesomerie herausgestellt werden: eine induktive und reflektierte Herangehensweise, die Verknüpfung verschiedener globaler und lokaler Strukturmerkmale, die Ressourcenaktivierung auf verschiedenen Granularitätsebenen sowie die gemeinsame Aktivierung von analytisch-abwägenden Ressourcen. Für die Lehre ergibt sich folglich in Bezug auf die Konzeptnutzung, den Problemlöseprozess der Lernenden zu unterstützen und zu entschleunigen. Durch die Sequenzierung des Problemlösens und die Implementierung von metakognitiven Fragen könnten Lernende z. B. unterstützt werden, die Aufgaben reflektierter anzugehen, Strukturen genauer zu analysieren und schließlich Informationen auf verschiedenen Ebenen miteinander zu verknüpfen.

Literatur

Braun I., Langner A. & Graulich N. (2022). Let's draw molecules: Students' sequential drawing processes of resonance structures in organic chemistry. Front. Educ., 7:1055280

Deng J. M. & Flynn A. B. (2021). Reasoning, granularity, and comparisons in students' arguments on two organic chemistry items. Chem. Educ. Res. Pract., 22 (3), 749-771

diSessa A. A. & Wagner J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. In Mestre J. P. (Eds.), Transfer of learning from a modern multi-disciplinary perspective. Greenwich: CT: Information Age Publishing, vol. 89, 121-154

Duis J. M. (2011). Organic chemistry educators' perspectives on fundamental concepts and misconceptions: An exploratory study. J. Chem. Educ., 88 (3), 346-350

Finkenstaedt-Quinn S. A., Watts F. M., Petterson M. N., Archer S. R., Snyder-White E. P. & Shultz G. V. (2020). Exploring Student Thinking about Addition Reactions. J. Chem. Educ., 97 (7), 1852-1862

Graulich N. & Schween M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. J. Chem. Educ., 95 (3), 376-383

Hammer D., Elby A., Scherr R. E. & Redish E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In Mestre J. P. (Eds.), Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective. Greenwich: CT: Information Age Publishing, vol. 89, 89-120

Wittmann M. C. (2006). Using resource graphs to represent conceptual change. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 2 (2), 020105

Xue D. & Stains M. (2020). Exploring students' understanding of resonance and its relationship to instruction. J. Chem. Educ., 97 (4), 894-902

Tobias Winkens[1]
Sascha Atahan[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Variablenkontrollstrategie: Individuelle Förderung hoch 2

Motivation

Die unterschiedlichen Kompetenzfacetten und Teilfähigkeiten der wichtigen Variablenkontrollstrategie (VKS) bieten aufgrund unterschiedlicher Schwierigkeitsniveaus einen Ansatzpunkt, um Schüler:innen individuelle Lerngelegenheiten zum Erlernen und Festigen der VKS anzubieten. Der Beitrag baut auf einer Studie zur Lernwirksamkeit konzipierter VKS-Materialien mit N=443 Schüler:innen (vgl. Goertz, 2022) auf und entwickelt deren Ergebnisse bezüglich zweier Aspekte weiter. Ein Aspekt ist dabei die wachsende Heterogenität innerhalb der Schülerschaft, die einen binnendifferenzierenden Unterricht erfordert. Ein zweiter Blickwinkel fokussiert auf die Rahmenbedingungen von experimentellem Lernen an Schulen.

Modellierung der VKS-Teilfähigkeiten

Die Kompetenzstruktur der VKS kann als experimentelle Kompetenz durch vier Teilfähigkeiten modelliert und operationalisiert werden (vgl. Schwichow et al., 2016 Chen & Klahr, 1999; Schwichow & Nehring, 2018). Die erste Teilfähigkeit umfasst die Interpretation der Befunde kontrollierter Experimente (kurz IN). Die zweite Teilfähigkeit ist die gezielte Identifikation kontrollierter Experimente aus einer Auswahl an kontrollierten und konfundierten Experimenten (ID). Innerhalb der VKS lassen sich darüber hinaus noch die Teilfähigkeiten zur Planung kontrollierter Experimente (PL) sowie zum Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente (UN engl. für understanding) identifizieren und unterscheiden.
Dabei können den vier Teilfähigkeiten auf empirischer Basis unterschiedliche Schwierigkeiten zugeordnet werden. Studien zeigen, dass die Fähigkeit zum Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente (UN) als schwerste eingeordnet werden kann, gefolgt von der Fähigkeit zur Planung (PL). Die beiden übrigen Fähigkeiten zur Interpretation (IN) sowie zur Identifikation (ID) sind als einfacher zu klassifizieren, wobei die vorliegenden Studien keine eindeutige Reihung der beiden Teilfähigkeiten zulassen (vgl. Brandenburger et al., 2022; Peteranderl & Edelsbrunner, 2020; Goertz, 2022; Schwichow et al., 2016; Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019).

Ansätze zur individuellen Förderung der VKS

Die neue Herangehensweise zur Förderung der VKS folgt zwei Ansätzen. Der erste Ansatz verfolgt die Entwicklung eines Materialpools in Form von differenzierenden modularen Lernzirkelstationen und zielt auf die Binnendifferenzierung durch konkret ausgearbeitete Lernmaterialien für unterschiedlich leistungsstarke Schüler:innen ab. Der zweite Ansatz fokussiert auf die Lehrkräfte, denen ein niederschwelliges Angebot in Form von adaptierbaren, teilfähigkeitsspezifischen Arbeitsblattvorlagen zur VKS[1] unterbreitet wird. Für die Entwicklung dieser Arbeitsblattvorlagen wurden die vorhandenen und erprobten Materialien[2] analysiert,

[1] Sowohl die teilfähigkeitsspezifischen Arbeitsblattvorlagen als auch die konkret ausgearbeiteten Lernmaterialien können zukünftig über die Plattform FLexKom abgerufen werden: https://sciphylab.de/flexkom/
[2] Diese sind in den Ausführungen von Goertz (2022) zusammenfassend dargestellt.

gemäß der jeweiligen VKS-Teilfähigkeit klassifiziert und aufbauend darauf teilfähigkeitsspezifische Konzepte zur experimentell gestützten Vermittlung von VKS-Teilfähigkeiten entwickelt. Ein Beispiel ist in Abb. 1 für die Teilfähigkeit zur Planung kontrollierter Experimente (PL) dargestellt.

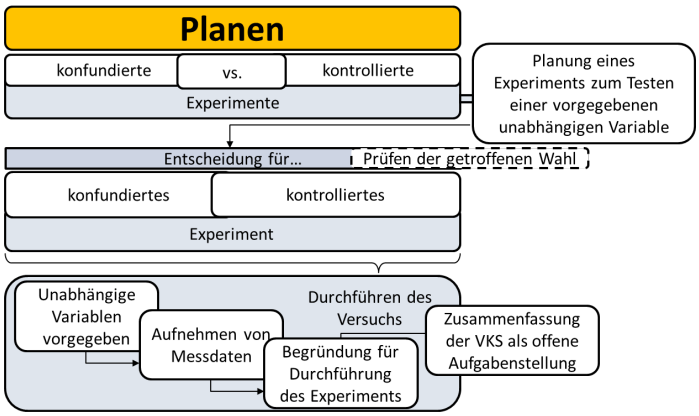


Abb. 1: Teilfähigkeitsspezifisches Konzept für die VKS-Teilfähigkeit zur Planung kontrollierter Experimente (PL), auf dessen Basis die zugehörige Arbeitsblattvorlage entwickelt wurde.

Wie in Abb. 1 zu erkennen ist, basiert die Arbeitsblattvorlage auf der Unterscheidung zwischen kontrollierten Experimenten und konfundierten Experimenten. Die Vorlage sieht vor, dass Schüler:innen ein Experiment planen sollen, wobei die zu prüfende Variable vorgegeben wird. Nach der Überprüfung der Planung wird das Experiment durchgeführt und eine Begründung eingefordert, sodass der Einfluss der vorgegebenen Variable valide überprüft werden kann. Dieses Vorgehen wird für eine zweite vorgegebene Variable zum Einüben der Vorgehensweise wiederholt. Die Vorlage schließt mit einem Sicherungstext zur VKS bzw. zur Planung kontrollierter Experimente im Speziellen.
Insgesamt wurde je eine teilfähigkeitsspezifische Arbeitsblattvorlage zu den vier VKS-Teilfähigkeiten IN, ID, PL und UN entwickelt. Sie ermöglichen prinzipiell fächerunabhängig eine differenzierte Vermittlung von Teilaspekten der VKS. Mit den Vorlagen können Lehrkräfte die VKS im naturwissenschaftlichen Unterricht mit denjenigen Experimentiermaterialien fördern, die an der jeweiligen Schule vorhanden sind, da die Experimente, die in die Vorlagen integriert werden können, austauschbar sind. Einzige Bedingung an die Experimente ist, dass drei verschiedene unabhängige Variablen vorliegen müssen. Aufbauend darauf und auf dem Wissen zu unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden der vier VKS-Teilfähigkeiten (s. vorheriger Abschnitt) können Lehrkräfte entscheiden, welche Teilfähigkeiten für die jeweilige Lerngruppe adressiert werden sollen, und über die Nutzung der entsprechenden Vorlagen sowie die Modifikation weniger Platzhalter in den Vorlagen geeignete Lernmaterialien anpassen.

Einordnung in das ESNaS-Modell
Um die entwickelten Arbeitsblattvorlagen hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades einordnen zu können und damit das Konzept der Binnendifferenzierung zu beurteilen, wurde das ESNaS-Modell herangezogen, da damit Effekte auf die Aufgabenschwierigkeit erfasst werden können (vgl. Kauertz et al., 2010). Das Modell bildet drei Dimensionen ab. Dies sind die Komplexität einer Aufgabe, die notwendigen kognitiven Prozesse zur Aufgabenbearbeitung sowie der

Kompetenzbereich, in dem die Aufgabe verortet werden kann (vgl. Walpuski et al., 2010). Durch die Beschränkung aller Aufgaben aus den Arbeitsblattvorlagen auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung kann das dreidimensionale Modell auf die beiden Achsen Komplexität und kognitive Prozesse reduziert werden. In den resultierenden Ausschnitt aus dem ESNas-Modell wurden die verschiedenen Aufgabenstellungen aller vier Arbeitsblattvorlagen eingeordnet. Das Ergebnis zeigt Abb. 2.

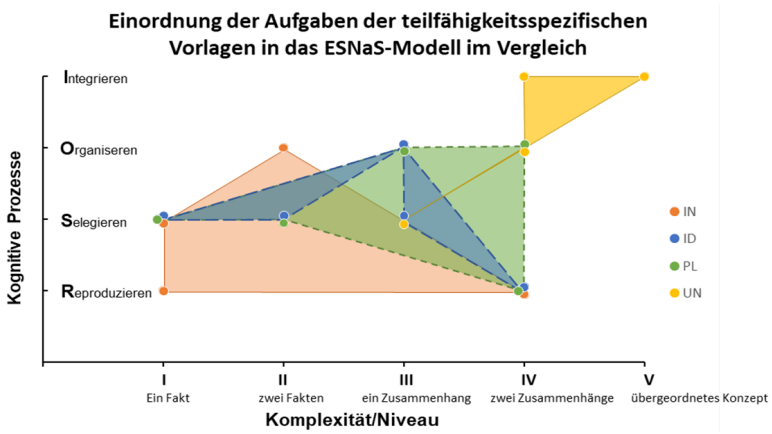


Abb. 2: Einordnung der Aufgaben der teilfähigkeitsspezifischen Arbeitsblattvorlagen in das ESNaS-Modell. Die farbigen Flächen dienen lediglich der besseren Visualisierung der erfassten Bereiche der Aufgabenschwierigkeiten. Quelle: Darstellung nach Kauertz et al., 2010 & Ziepprecht et al., 2017.

Gemäß der Einordnung in Abb. 2 sind die Aufgabenstellungen zur Teilfähigkeit Verständnis (UN) in beiden Dimensionen in den oberen Bereichen verortet. Hier wird deshalb eine größere Aufgabenschwierigkeit erwartet als bei den anderen VKS-Teilaspekten. Insgesamt ergibt sich aus der Einordnung der Teilaufgaben der Arbeitsblattvorlagen in das ESNaS-Modell eine ähnliche Reihung der Aufgabenschwierigkeit wie in empirischen Beobachtungen zur Lösung von teilfähigkeitsspezifischen Items in VKS-Tests (vgl. Brandenburger et al., 2022; Peteranderl & Edelsbrunner, 2020; Goertz, 2022; Schwichow et al., 2016; Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019).

Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden Ansätze für eine individuelle Förderung der VKS vorgestellt. Hierzu wurden vier teilfähigkeitsspezifische Arbeitsblattvorlagen entwickelt, mit denen Lehrkräfte passend zur vorhandenen experimentellen Ausrüstung ihrer Schule individuell differenzierte Lerngelegenheiten zur VKS gestalten können. Die Einordnung der Aufgabenstellungen aus den entwickelten teilfähigkeitsspezifischen Vorlagen in das ESNaS-Modell führt zu einer ähnlichen Reihung der Schwierigkeiten der Teilfähigkeiten wie empirische Untersuchungen. Aufbauend auf den dargestellten Vorarbeiten sind Untersuchungen zum Einfluss gezielter, individualisierter Interventionsmaßnahmen auf das VKS-Verständnis geplant.

Literatur

Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2019). Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften In C. Maurer (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018., S. 77–80.

Brandenburger, M., Salim, C. A., Schwichow, M., Wilbers, J. & Mikelskis-Seifert, S. (2022). Modellierung der Struktur der Variablenkontrollstrategie und Abbildung von Veränderungen in der Grundschule. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 28 (5), S. 1-20.

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. Child Development 70(5), S. 1098–1120.

Goertz, S. (2022). Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis - Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie. Berlin: Logos Verlag.

Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, S. 135–153.

Peteranderl, S. & Edelsbrunner, P. A. (2020). The Predictive Value of Children's Understanding of Indeterminacy and Confounding for Later Mastery of the Control-of-Variables Strategy. Front. Psychol., 11, S. 1-16.

Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of variables strategy. International Journal of Science Education 38(2), S. 216–237.

Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 24, S. 217–233.

Walpuski, M., Fischer, H. E., Kauertz, A. & Kampa, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. BILDUNGSSTANDARDS UND KOMPETENZMODELLE - Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht. Verlag Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn. S. 171–181.

Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H. E., Kauertz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell zur Evaluation der Bildungsstandards. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 23, S. 113–125.

David Kranz[1]
Paul Martin[1]
Michael Schween[2]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen
[2]Philipps-Universität Marburg

Analyse des Effekts verschiedener Aufgabenformate und Strukturierung auf den Lernerfolg

Einleitung

Reaktionsmechanismen sind ein essenzieller Bestandteil der Organischen Chemie, stellen aber dennoch viele Studierende vor Herausforderungen. Dabei handelt es sich beim mechanistischen Denken im Umgang mit Reaktionsmechanismen um eine Kernkompetenz der Disziplin (z. B. Caspari, Kranz & Graulich, 2018). Zum einen haben Lernende Schwierigkeiten damit implizite Merkmale aus expliziten Repräsentationen abzuleiten (Deng & Flynn, 2021). Zum anderen fokussieren sie sich auf einzelne Oberflächenmerkmale (Graulich & Bhattacharyya, 2017). Dabei führt das Einbeziehen impliziter Eigenschaften und Prozesse beim Denken über Mechanismen zu einer elaborierteren Argumentation (Weinrich & Sevian, 2017). Lehrpersonen erwarten darüber hinaus von Studierenden, dass sie die Konzepte, die sie in disziplinspezifischen Veranstaltungen gelernt haben, beim Lösen mechanistischer Probleme anwenden, bestenfalls über mehrere Kontexte hinweg.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsdesiderat

Dafür ist in vielen Fällen eine Förderung der Lernenden z. B. in Form lernförderlicher Aufgabenformate zielführend. Die Variation Theory (cf. Ling Lo, 2012) beschreibt, dass sich die Handlungsmöglichkeiten bezüglich eines Phänomens durch das Erweitern des Blickwinkels auf dieses erweitern lassen (Marton, Tsui, Chik, Ko & Lo, 2004). Dafür werden Merkmale variiert, um diese salienter zu machen (Ling Lo & Marton, 2011). Im Kontext von Reaktionsmechanismen kann dies durch Fallvergleiche geschehen (Graulich & Schween, 2018). Dabei werden zwei Schritte eines Reaktionsmechanismus gegenübergestellt, bei denen sich eines der Edukte in mindestens einem Strukturmerkmal unterscheidet. Dieses Aufgabenformat führt in verschiedenen Disziplinen zu mehr identifizierten Merkmalen (Alfieri, Nokes-Malach & Schunn, 2013) und wurde bereits in qualitativen Studien zur Förderung von mechanistischem Denken in der Chemie erfolgreich eingesetzt (z. B. Bodé, Deng & Flynn, 2019). Um Studierende darüber hinaus dabei zu unterstützen, wie sie beim Bilden kausal-elektronischer Argumente vorgehen müssen, können sie beim Lösen der Fallvergleiche durch Scaffolding angeleitet werden. Beim Scaffolding soll das Problemlösen gleichzeitig angeleitet und gefördert werden (Belland, 2011). Der Gedankenprozess wird dabei in mehrere Teilschritte sequenziert werden, um diesen zu entschleunigen (Caspari & Graulich, 2019) und Lernenden zu helfen die einzelnen Bestandteile eines Mechanismus miteinander zu verknüpfen (Caspari & Graulich, 2019; Watts, Zaimi, Kranz, Graulich & Shultz, 2021). Das Forschungsdesiderat dieses Projekts beruht auf dem Fehlen quantitativer Belege bezüglich der Wirksamkeit von (angeleiteten) Fallvergleichen auf den Lernzuwachs und der Beobachtung, dass angeleitete Fallvergleiche scheinbar nicht für alle Studierenden eine gleichgroße lernförderliche Wirkung zeigen konnten (Caspari & Graulich, 2019; Watts, Zaimi, Kranz, Graulich & Shultz, 2021). Als Ursache könnte in diesem Zusammenhang das

Vorwissen als maßgeblicher Einflussfaktor in Betracht gezogen werden. Studierende mit viel Vorwissen könnten durch die vorgegebene Struktur des Scaffolds in ihren eigenen Lösungsansätzen irritiert werden, was zu einer erhöhten kognitiven Belastung und schließlich zu einem Expertise Reversal Effect führen könnte (Kalyuga, 2007; Nückles, Hübner, Dümer & Renkl, 2010). Andererseits bringen Studierende mit viel Vorwissen mehr konzeptuelles Verständnis mit, welches mit Hilfe des Scaffolds vernetzt werden könnte. Bei Studierenden mit wenig Vorwissen könnten dagegen wichtige Ressourcen fehlen, die ein prozedurales Scaffolding nicht liefert, weshalb letztlich keine Lernförderung stattfindet. Andererseits könnten diese Studierenden bereits genug Konzepte mitbringen, die lediglich fragmentiert vorliegen und schließlich durch Scaffolding verknüpft, aktiviert und integriert werden können (Van Der Stuyf, 2002; Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005). Die Abhängigkeit der Wirksamkeit angeleiteter Fallvergleiche konnte teilweise in einer ersten Studie geklärt werden (Kranz, Schween & Graulich, 2023). Dabei profitierten besonders Studierende mit wenig Vorwissen von der Strukturierungshilfe durch den Scaffold.

Studiendesign und Datenanalyse

Um quantitative Belege für eine höhere Lernförderung von (angeleiteten) Fallvergleichen im Vergleich zu traditionellen Einzelfall Aufgaben zu finden, wurde eine Prä-Post-Interventionsstudie mit $N = 122$ Studierenden in OC1 Kursen an drei deutschen Universitäten durchgeführt. Die Studierenden sollten dabei vor und nach einer Problemlösephase einen Fachwissenstest mit geschlossenen und offenen Fragen beantworten. Dazwischen wurden die Studierenden in drei Gruppen eingeteilt (*sc* = Einzelfälle, c*c* = Fallvergleiche und *ccsf* = angeleitete Fallvergleiche). Innerhalb der Problemlösephase mussten die Studierenden das entsprechende Aufgabeformat als Teil des Treatments beantworten. Zur Auswertung der offenen Aufgaben des Fachwissenstest wurde ein literaturbasiertes, analytisches, binäres Coding angewendet. Der Code *produktiv* wurde vergeben, wenn die Studierenden die korrekte Antwort angeben konnten. Der Code *multivariat* wurde vergeben, wenn Studierende mehr als eine chemische Eigenschaft von einem mechanistischen Schritt identifizieren konnten. Dabei wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass für eine vollständige Argumentation mehrere Eigenschaften identifiziert und deren Einfluss auf die Reaktion abgeschätzt werden muss (Kraft, Strickland & Bhattacharyya, 2010; Kranz, Schween & Graulich, 2023). Der Code *abwägen* wurde vergeben, wenn in einer Studierendenantwort die Eigenschaften von Strukturen aus zwei Reaktionsschritten miteinander verglichen wurden. Abwägen ist ein essenzieller Teil des wissenschaftlichen Argumentierens um Voraussagen zu belegen oder Gegenargumente zu widerlegen (Kuhn & Udell, 2003). Schließlich wurde der Code *elektronisch* vergeben, wenn Studierende die elektronische Struktur der beteiligten Moleküle in ihre Argumentation miteinbezogen. Elektronisches Argumentieren in der Chemie ist notwendig, um die dahinterliegenden Ursachen für das Ablaufen eines Mechanismus zu identifizieren (Krist, Schwarz & Reiser, 2019).Um die Arbeit während der Problemlösephase zu bewerten, wurden die Studierendenantworten entlang der Modes of Reasoning von Sevian & Talanquer (2014) eingestuft. Hierbei handelt es sich um ein hierarchisches Coding. Die Codes wurden anhand der Komplexität der Begründung für die Voraussage, welche Reaktion schneller ist, vergeben (Tabelle 1).

Tabelle 1. Coding System für die Aufgaben während der Problemlösephase.

Code	**Begründung der Voraussage (Reaktion A oder B ist schneller)**
keine Begründung	Keinerlei Begründung

beschreibend	Begründung anhand der Struktur ohne Verknüpfung der Struktur mit dem Reaktionsverlauf
relational	Begründung anhand einer Verknüpfung der Struktur der Moleküle mit dem Verlauf der Reaktion ohne kausalen Zusammenhang
linear-kausal	Begründung anhand einer einzelnen Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Struktur der Moleküle und dem Verlauf der Reaktion.
multikomponent	Begründung anhand mehrerer Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Struktur der Moleküle und dem Verlauf der Reaktion, die miteinander abgewogen werden.

Ergebnisse und Implikationen

Die Daten wurden entsprechend der Musterlösungen und Codes bepunktet und ausgewertet. Nach der Auswertung der Daten konnten signifikante Zuwächse für die Gruppen *cc*, $t(20) = 3.76$, $p = .004$, $r = .33$ und *ccsf*, $t(23) = 3.30$, $p = .009$, $r = .23$ festgestellt werden, nicht aber für die Gruppe *sc*. Daraus ergibt sich, dass sich (angeleitete) Fallvergleiche grundsätzlich zur Lernförderung eignen. Unter Einbeziehung des Vorwissens als Kovariate konnte in einem Regressionsmodell eine signifikanter Effekt des Vorwissens ($p < .001$, *Std.* $\beta = .18$), der *cc*-Gruppe ($p = .036$, *Std.* $\beta = .05$) sowie ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Vorwissen und *cc*-Gruppe ($p = .006$, *Std.* $\beta = -.05$) auf den Posttest-Score ermittelt werden. Der Interaktionseffekt wurde als geringerer Einfluss des Vorwissens in dieser Gruppe auf den Score interpretiert. Darüber hinaus konnte ein t-Test zwischen Studierenden der *cc*-Gruppe und *sc*-Gruppe mit Vorwissen unter dem Mittelwert ein signifikant höherer Posttest-Score der *cc*-Gruppe nachgewiesen werden, $t(12.5) = 2.43$, $p = .031$, $\widehat{\psi} = 0.233$, 95% CI [0.025; 0.442]. Der Eindruck, dass Studierende aus der *cc*-Gruppe den größten Lernzuwachs erlebten, wurde damit für Studierende mit niedrigem Vorwissen bestätigt. Fallvergleiche sollten daher möglichst schon zu Beginn neuer Themenblöcke eingesetzt werden, bei denen das Vorwissen der Studierenden generell verhältnismäßig niedrig ist, um bestmöglich von diesem Format zu profitieren. Bezüglich der Problemlösephase an sich konnte in einem Regressionsmodell mit dem Vorwissen als Kovariate ein signifikanter Effekt des Vorwissens ($p < .001$, *Std.* $\beta = .18$) und der *ccsf*-Gruppe ($p = .002$, *Std.* $\beta = .13$) auf den erreichten Score in dieser Phase nachgewiesen werden. Ein t-Test im unteren Vorwissensbereich zwischen *ccsf*- und *sc*-Gruppe, $t(12.5) = 2.43$, $p = .031$, $\widehat{\psi} = 0.233$, 95% CI [0.025; 0.442] konnte dieses Ergebnis noch einmal untermauern. Eine qualitative Betrachtung der Modes of Reasoning konnte ebenfalls bestätigen, dass Studierende mit wenig Vorwissen der *ccsf*-Gruppe tendenziell höhere Modes in ihren Antworten aufwiesen. Angeleitete Fallvergleiche sollten entsprechend besonders Studierenden mit wenig Vorwissen bereitgestellt und als optionales Mittel eingesetzt werden um Studierenden mit etablierten Lösungsstrategien die Möglichkeit zu bieten, ihre eigenen Ansätze weiterhin zu nutzen. Zukünftige Forschung könnte sich neben der Bestätigung der Ergebnisse durch eine größere Stichprobe außerdem mit den Effekten des Fadings des Scaffolds auseinandersetzen (McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006; Lin, Hsu, Lin, Changlai, Yang & Lai, 2012). Außerdem bietet adaptives Scaffolding das Potenzial auch leistungsstärkeren Studierenden eine entsprechende Unterstützung zu bieten (Plass & Pawar, 2020). Entsprechend könnte der Scaffold so angepasst werden, dass er sich adaptiv einsetzen lässt, um anschließend eine ähnliche Studie mit adaptivem Scaffolding durchzuführen.

Literatur

Alfieri L., Nokes-Malach T. J. & Schunn C. D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review. Educ. Psychol., 48 (2), 87-113

Belland B. R. (2011). Distributed Cognition as a Lens to Understand the Effects of Scaffolds: The Role of Transfer of Responsibility. Educational Psychology Review, 23 (4), 577-600

Bodé N. E., Deng J. M. & Flynn A. B. (2019). Getting Past the Rules and to the WHY: Causal Mechanistic Arguments When Judging the Plausibility of Organic Reaction Mechanisms. J. Chem. Educ., 96 (6), 1068-1082

Caspari I. & Graulich N. (2019). Scaffolding the structure of organic chemistry students' multivariate comparative mechanistic reasoning. Int. J. Phys. Chem. Educ., 11 (2), 31-43

Caspari I., Kranz D. & Graulich N. (2018). Resolving the complexity of organic chemistry students' reasoning through the lens of a mechanistic framework. Chem. Educ. Res. Pract., 19 (4), 1117-1141

Deng J. M. & Flynn A. B. (2021). Reasoning, granularity, and comparisons in students' arguments on two organic chemistry items. Chem. Educ. Res. Pract., 22 (3), 749-771

Graulich N. & Bhattacharyya G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. Chem. Educ. Res. Pract., 18 (4), 774-784

Graulich N. & Schween M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. J. Chem. Educ., 95 (3), 376-383

Hammer D., Elby A., Scherr R. E. & Redish E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective, 89

Kalyuga S. (2007). Expertise Reversal Effect and Its Implications for Learner-Tailored Instruction. Educational Psychology Review, 19 (4), 509-539

Kraft A., Strickland A. M. & Bhattacharyya G. (2010). Reasonable reasoning: multi-variate problem-solving in organic chemistry. Chem. Educ. Res. Pract., 11 (4), 281-292

Kranz D., Schween M. & Graulich N. (2023). Patterns of reasoning–exploring the interplay of students' work with a scaffold and their conceptual knowledge in organic chemistry. Chem. Educ. Res. Pract., 24 (2), 453-477

Krist C., Schwarz C. V. & Reiser B. J. (2019). Identifying Essential Epistemic Heuristics for Guiding Mechanistic Reasoning in Science Learning. Journal of the Learning Sciences, 28 (2), 160-205

Kuhn D. & Udell W. (2003). The development of argument skills. Child development, 74 (5), 1245-1260

Lin T.-C., Hsu Y.-S., Lin S.-S., Changlai M.-L., Yang K.-Y. & Lai T.-L. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. International Journal of Science and Mathematics Education, 10 (2), 437-455

Ling Lo M., (2012), *Variation theory and the improvement of teaching and learning*, Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Ling Lo M. & Marton F. (2011). Towards a science of the art of teaching: Using variation theory as a guiding principle of pedagogical design. International journal for lesson and learning studies, 1 (1), 7-22

Marton F., Tsui A. B. M., Chik P. P. M., Ko P. Y. & Lo M. L., (2004), *Classroom Discourse and the Space of Learning*Taylor & Francis.

McNeill K. L., Lizotte D. J., Krajcik J. & Marx R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. The journal of the Learning Sciences, 15 (2), 153-191

Nückles M., Hübner S., Dümer S. & Renkl A. (2010). Expertise reversal effects in writing-to-learn. Instructional Science, 38 (3), 237-258

Plass J. L. & Pawar S. (2020). Toward a taxonomy of adaptivity for learning. Journal of Research on Technology in Education, 52 (3), 275-300

Sevian H. & Talanquer V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. Chem. Educ. Res. Pract., 15 (1), 10-23

Van Der Stuyf R. R. (2002). Scaffolding as a teaching strategy. Adolescent learning and development, 52 (3), 5-18

Watts F. M., Zaimi I., Kranz D., Graulich N. & Shultz G. V. (2021). Investigating students' reasoning over time for case comparisons of acyl transfer reaction mechanisms. Chem. Educ. Res. Pract.

Watts F. M., Zaimi I., Kranz D., Graulich N. & Shultz G. V. (2021). Investigating students' reasoning over time for case comparisons of acyl transfer reaction mechanisms. Chem. Educ. Res. Pract., 22 (2), 364-381

Weinrich M. L. & Sevian H. (2017). Capturing students' abstraction while solving organic reaction mechanism problems across a semester. Chem. Educ. Res. Pract., 18 (1), 169-190

Sandra Puddu[1,3] [1]Pädagogische Hochschule Wien
Christian Nosko[2,3] [2]Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems
Anja Lembens[3] [3]Universität Wien

„Wegen dem Wasser zerlöst sich das Pulfer“ – Das Projekt FoPs

Suppenpulver ist wohl jedem Kind bekannt. Durch Lösen in Wasser lässt sich damit rasch eine Mahlzeit zubereiten. Ausgehend von diesem naturwissenschaftlichen Phänomen lassen sich viele Lerngelegenheiten erschließen, die unter anderem chemischen, sozialwissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Bezug haben. Insbesondere bietet dieses Thema zahlreiche Möglichkeiten, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen bei Schüler:innen zu fördern. Zu diesem und weiteren Themen werden im Rahmen des Projekts FoPs (Forschendes Lernen in der Primarstufe) Unterrichts- und Begleitmaterialien entwickelt und evaluiert, die auf vier Pfeilern (Nosko, Puddu & Lembens, in Druck) aufbauen: Der konkreten Sache als Ausgangspunkt, den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, dem Einsatz Forschenden Lernens mit unterschiedlichem Grad der Öffnung sowie der sprachlichen Förderung. Im Folgenden sollen diese vier Pfeiler dargestellt und erste Forschungsergebnisse vorgestellt werden.

Die Sache

Als die Sache des Sachunterrichts bezeichnet Köhnlein (2022, S. 39f.) alles, was Anlass für eine Erörterung oder Untersuchung gibt. Nicht nur reale Objekte, sondern auch „Gegenstände unseres Denkens und Sprechens“ hat er dabei im Blick. Eine Sache steht auch stets in einem bestimmten Sachzusammenhang, durch den ein Sachverhalt charakterisiert wird. Wissen entsteht folglich aus der Auseinandersetzung mit Sachverhalten. Darüber hinaus sind in dem Begriff „Sache des Sachunterrichts“ auch die fachgemäßen Arbeitsweisen, die grundlegenden Erkenntnismethoden und die fachspezifischen Bildungsaufgaben eingeschlossen. Im Projekt FoPs wurden Materialien zur Sache „die Suppe“, „der Schnee“ oder auch „mein Klassenraum“ entwickelt und evaluiert.

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Den zweiten Pfeiler in der Materialentwicklung bilden die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Diese sind Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Hodson, 2014) und tragen wesentlich zum Verstehen von Naturwissenschaften bei, indem sie exemplarisch aufzeigen, wie Erkenntnisse in den Naturwissenschaften gewonnen werden. Nach Nerdel (2017, S. 115) haben sie darüber hinaus eine doppelte Funktion: Einerseits soll das Verstehen wichtiger fachlicher Aspekte gewährleistet werden, andererseits sollen methodische Kompetenzen erworben werden. Im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) sind die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen in den perspektivenbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen festgehalten, die gemeinsam mit den perspektiven-übergreifenden als prozedurale Komponente des Sachunterrichts bezeichnet werden. Bei der Auswahl der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Rahmen des Projekt FoPs orientieren wir uns an der Darstellung von Steffensky (2017, S. 16f.), wo folgende genannt werden: Fragen stellen, Vermuten, Beobachten, Messen, Untersuchungen planen und durchführen, Vergleichen, Ordnen, Klassifizieren, Daten analysieren, interpretieren, Schlussfolgern, Generalisieren, Argumentieren, Modelle nutzen sowie Dokumentieren.

Forschendes Lernen

Die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sind wesentlicher Bestandteil Forschenden Lernens. Bei der Kommunikation über dessen Offenheit haben sich die Level des Forschenden Lernens als hilfreich erwiesen (siehe Tabelle 1). Während bei Level 0 die Lehrperson durch den gesamten Prozess führt, können die Schüler:innen bei Level 1 die Interpretation der Ergebnisse schon selbstständig übernehmen. Bei Level 2 gibt die Lehrperson die Forschungsfrage vor, die weiteren Schritte werden allerdings schon von den Schüler:innen übernommen, und sie weitet so schrittweise die Verantwortungsübernahme durch die Schüler:innen aus.

	Fragestellung	Methodenwahl	Interpretation der Ergebnisse
Level 0	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson
Level 1	Lehrperson	Lehrperson	Schüler:innen
Level 2	Lehrperson	Schüler:innen	Schüler:innen
Level 3	Schüler:innen	Schüler:innen	Schüler:innen

Tab. 1: Level des Forschenden Lernens (Blanchard, 2010)

Im Projekt FoPs werden Aufgaben auf Level 1 und 2 gestaltet. Wesentlich für die erfolgreiche Durchführung von Forschendem Lernen im Unterricht ist Scaffolding, wobei zwischen Makro- und Mikroscaffolding unterschieden wird (Hammond & Gibbons, 2005). Makroscaffolding umfasst alle Unterstützungsmaßnahmen, die im Vorfeld vorbereitet werden können. Mikroscaffolding ist das ad-hoc Scaffolding, das spontan durch die Lehrperson geleistet wird (Hofer, 2020; Puddu, 2017). Vorbereitete Maßnahmen umfassen z.B. Satzanfänge zum Bilden von Hypothesen oder auch eine Auswahl derer, Hinweise zu Materialien oder Geräten, Hinweise und Struktur zum Führen eines Protokolls etc.

Sprachliche Unterstützungsmaßnahmen

Beim Forschenden Lernen sind Diskutieren und Argumentieren wichtige Kompetenzen, die entwickelt werden sollen. Um diese produktiv in der Gruppe umzusetzen, ist eine gemeinsame Sprache wichtig, um die eigenen Überzeugungen, Gedanken oder Überlegungen ausdrücken zu können. Um die Schüler:innen dahingehend zu fördern, sind sprachliche Unterstützungsmaßnahmen wichtig. Beispiele hierfür sind: Glossare, Wortspeicher oder Bildsequenzen (u.a. Carnevale & Wojnesitz, 2014; Leisen, 2013; Puddu, 2017).

Die Materialien im Projekt FoPs

Die Handreichung für Lehrpersonen umfasst eine Kurzdarstellung des Themengebiets sowie eine Beschreibung der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, auf die bei der jeweiligen „Sache“ fokussiert wird. Die Level des Forschenden Lernens, die benötigten Materialien sowie mögliche Anknüpfungspunkte an die Kompetenzbereiche des Sachunterrichts werden ebenfalls thematisiert. Auf eine fachliche Klärung der Inhalte sowie Lösungsideen für die Untersuchungsblätter der Schüler:innen wird geachtet.

Für die Schüler:innen stehen drei unterschiedliche Untersuchungsblätter zur Verfügung. Das erste Blatt (Blatt A) ist für alle Schüler:innen konzipiert und dient dem Einstieg in das Thema. Anschließend kann differenziert werden. Das Blatt für beginnende Forscher:innen (Blatt B) ist auf Level 1 des Forschenden Lernens gestaltet, das Blatt für fortgeschrittene Forscher:innen

(Blatt C) auf Level 2. Beide Blätter gehen von derselben Forschungsfrage aus. Die Lehrperson kann somit, ausgehend vom Vorwissen der Schüler:innen und der bisherigen Erfahrung mit Forschendem Lernen, entscheiden, mit welchem Untersuchungsblatt fortgesetzt wird.

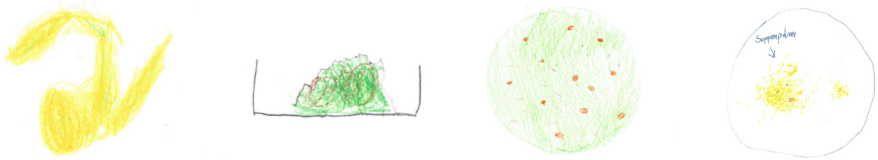
Evaluation der Materialien – Erste Ergebnisse

Die Evaluation der Materialien folgt einem Design-Based Research Ansatz. Dazu werden die entwickelten Materialien in Schulklassen eingesetzt und die bearbeiteten Untersuchungsblätter auf unterschiedliche Fragestellungen hin analysiert. Zusätzlich werden leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit Lehrpersonen durchgeführt.

In diesem Artikel sollen erste Ergebnisse zu den Sachzeichnungen der Schüler:innen vorgestellt werden. Da Sachzeichnungen methodische und didaktische Elemente vereinen, sind sie bereits in der Primarstufe im naturwissenschaftlichen Sachunterricht von Bedeutung (Köhnlein, 2012). Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf den ausgewerteten Materialien von 14 Schüler:innen einer dritten und 23 Schüler:innen einer vierten Schulstufe in zwei städtischen Volksschulen.

Die Sachzeichnungen, die die Schüler:innen auf dem Untersuchungsblatt A anfertigten, wurden dahingehend analysiert, wie detailgetreu und farblich gestaltet sie ausgeführt waren. Bei den analysierten Arbeiten konnte eine Typenbildung vorgenommen werden, wobei folgende Typen gebildet wurden:

1) Das Suppenpulver wird als (gelbe) Farbfläche dargestellt (Abbildung 1a).
2) Das Suppenpulver wird als (gelbe) Farbfläche dargestellt, die von anderen Formen (zumeist Schlangenlinien) durchbrochen wird (Abbildung 1b).
3) Das Suppenpulver wird als (gelbe) Farbfläche dargestellt, in der farbige, abgegrenzte Punkte erkennbar sind (Abbildung 1c).
4) Suppenpulver und Inhaltsstoffe werden als farbige Punkte dargestellt (Abbildung 1d).



a) 1/S10 b) 2/4b8 c) 2/3am1 d) 1/S12

Abb. 1: Sachzeichnungen des Suppenpulvers von Schüler:innen der vierten Schulstufe

Zusammenfassung und Ausblick

Erste Untersuchungsergebnisse geben Hinweis darauf, dass die entwickelten Materialien geeignet sind, um das genaue Beobachten und Beschreiben sowie die Eigenständigkeit der Schüler:innen zu fördern. Weitere Erprobungen und Analysen sowie der Einsatz einer Akzeptanzbefragung sollen differenziertere Einblicke in die Lernwirksamkeit der Unterrichtsmaterialien geben. Bei den Sachzeichnungen wird nach möglichen Ursachen für die genannten Unterschiede gesucht, was dazu dienen soll, weitere Unterstützungsmaßnahmen für Schüler:innen zu entwickeln. Aktuelle Informationen zum Projekt FoPs werden unter https://aeccc.univie.ac.at/lehrerinnen/unterrichtsmaterialien/fops-primarstufe/ veröffentlicht.

Literatur

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. Science Education, 94(4), 577–616.

Carnevale, C. & Wojnesitz, A. (2014). Sprachsensibler Fachunterricht in der Sekundarstufe. Grundlagen—Methoden—Praxisbeispiele. ÖSZ.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Verlag Julius Klinkhardt.

Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. Prospect, 20(1), 6–30.

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. International Journal of Science Education, 36(15), 2534–2553. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722

Hofer, E. (2020). Scaffolding im Rahmen von Inquiry-based Learning. Unterstützung der Lernenden auf ihrem Weg zur Erkenntnisgewinnung. IMST-Newsletter, 50, 15–19. https://www.imst.ac.at/wp-content/uploads/2023/01/imst_newsletter_50_final.pdf

Köhnlein, W. (2012). Sachunterricht und Bildung. Julius Klinkhardt.

Köhnlein, W. (2022). Sache als didaktische Kategorie. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. 3. überarbeitete Auflage, Verlag Julius Klinkhardt, 39-43.

Leisen, J. (2013). Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach: [1]: Grundlagenteil (1. Auflage.). Klett Sprachen.

Nerdel, Claudia (2017). Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule (1. Auflage). Springer Spektrum.

Nosko, C., Puddu, S. & Lembens, A. (in Druck). Naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Sachunterricht Raum geben. In A. Reh & N. Dunker (Hrsg.), Chemisches Lernen im Sachunterricht – Herausforderungen und Potentiale: Kinder, Sachen, Welten.

Puddu, S. (2017). Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry (Bd. 247). Logos.

Steffensky, Mirjam (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen: Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF). Deutsches Jugendinstitut e.V.

Rahel Schmid[1]
Nicolas Robin[1]
Alexander Strahl[2]

[1]Pädagogische Hochschule St.Gallen
[2]Universität Salzburg

Verständnis von NOS-Aspekten und Umgang mit Fehlern

Einleitung

Fehler gehören zur wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und ermöglichen uns ein besseres Verständnis, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht. Die Naturwissenschaftsgeschichte verdeutlicht, dass Fortschritt in den Naturwissenschaften oft durch Fehler vorangetrieben wird. Denn die Identifikation und Korrektur von Fehlern ermöglichen eine kontinuierliche Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens. In diesem Sinne stellen Fehler nicht nur Herausforderungen dar, sondern bieten gleichzeitig die Chance, aus ihnen zu lernen, indem sie als Gelegenheiten zum Erwerb neuer Erkenntnisse genutzt werden. Aus diesen Gründen sollten Fehler als integrale Bestandteile von Nature of Science (NOS) angesehen werden (Schmid, 2023).

Nach Allchin (2004) gehört zu einem umfassenden und adäquaten Verständnis von NOS auch zu verstehen, wie sich Naturwissenschaftler:innen irren können und wie sie Fehler finden und verbessern. Mit diesem Verständnis kann sowohl die Zuverlässigkeit als auch die Tragweite von wissenschaftlichen Behauptungen beurteilt werden. Auf dieser Grundalge macht Allchin (2012) einen Vorschlag, wie NOS anhand von Fehlern im Unterricht vermittelt werden kann. Trotz der Annahme, dass Fehler zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung gehören und den theoretischen Anstößen von Allchin (2000, 2004, 2011, 2012), Fehler als integrale Bestandteile von NOS zu betrachten, wird den Fehlern in diesem Bereich noch immer zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Diese Studie liefert erste empirische Ergebnisse zum Zusammenhang des Verständnisses von NOS-Aspekten und dem Umgang mit Fehlern im Kontext des MINT-Unterrichts. Es wurde u.a. untersucht, inwiefern das Verständnis der Schüler:innen von NOS-Aspekten deren Umgang mit Fehlern beeinflusst.

Umgang mit Fehlern

Im speziellen Kontext von digital-basierten Lernprozessen können optimale Voraussetzungen geschaffen werden, um eine positive Fehlerkultur zu etablieren, in der Fehler als Gelegenheit zum Lernen und als integraler Bestandteil des Erkenntnisgewinnungsprozesses betrachtet werden können. Zu digital-basierten Lernprozessen gehören beispielsweise Lernumgebungen zum Programmieren. Beim Programmieren unterlaufen den Schüler:innen zwangsläufig zahlreiche Fehler. Diese resultieren zum einen daraus, dass die Schüler:innen in einer neuen und ihnen meist unbekannten Sprache kommunizieren müssen. Zum anderen hat das technische Gerät (z. B. der Mikrocontroller micro:bit), mit dem sie kommunizieren, (noch) keine Fähigkeiten zur Interpretation, Reflexion oder Rückfrage. Dies bedeutet, dass die Kommunikation präzise und fehlerfrei sein muss. Selbst kleinste Fehler, wie die Verwendung eines Kommas statt eines Punktes beim textbasierten Programmieren, führen dazu, dass das technische Gerät die Anweisung nicht versteht und demzufolge nicht weiß, was zu tun ist (Schmid, Robin, Smit & Strahl, 2022).

Um den Einstieg ins Programmieren zu erleichtern, wird häufig eine visuelle Programmiersprache verwendet. Durch diese werden typische, jedoch nicht lösungsrelevante Fehlerquellen wie die korrekte Syntax oder effektive Variablenverwaltung zunächst ausgeschlossen. Dies ermöglicht den Schüler:innen, sich auf die Problemlösung zu

konzentrieren (Hielscher & Honegger, 2015; Kelleher & Pausch, 2005). Trotzdem treten auch beim visuellen Programmieren Fehler auf.
Ein Vorteil dieser digital-basierten Lernumgebung liegt darin, dass Fehler und deren Konsequenzen unmittelbar sichtbar werden, ohne dass die Schüler:innen ihre Lösungen mit einer Musterlösung vergleichen müssen. Als Beispiel: Wenn die Schüler:innen eine LED zum Blinken bringen sollen und die LED nicht blinkt, haben sie einen Fehler gemacht. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Schüler:innen die Trial-and-Error-Methode, also die Methode des Versuchs und Irrtums im Erkenntnisgewinnungsprozess, im Vergleich zum naturwissenschaftlich-technischen Unterricht in der Regel ohne Gefahr anwenden können. Im Biologieunterricht z. B. bei der Arbeit mit lebenden Organismen, in der Chemie z. B. bei der Arbeit mit gefährlichen Substanzen und in der Physik z. B. in der Elektrizitätslehre sollte diese Methode nur mit Bedacht eingesetzt werden. Ein weiterer Vorteil zeigt sich in den Debugging-Methoden. Debugging-Aufgaben im Unterricht präsentieren fehlerhafte Codes, die von den Schülerinnen verbessert werden. Der Vorteil besteht darin, dass die Schüler:innen nicht an ihren eigenen Fehlern arbeiten, sondern an den Fehlern anderer. Dies kann insbesondere für Schüler:innen motivierend sein, die viele Fehler machen, da sie beim Debuggen nicht an ihren eigenen Fehlern arbeiten (DeLiema et al., 2020; Michaeli & Romeike, 2019; Perscheid, Siegmund, Taeumel & Hirschfeld, 2016; Schumacher, 2008).

Forschungsdesign und Methoden

Die oben genannte Forschungsfrage wurde im Rahmen des Dissertationsprojektes in einer Interventionsstudie erhoben (Schmid, 2023). Die Daten wurden mittels Mixed-Methoden in einem Längsschnittdesign mit Prä-, Post- und Follow-Up-Test erhoben. Die Interventionsstudie fand zwischen dem Prä- und Posttest im Tagesworkshop *Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien* des Schülerlabors *Smartfeld* mit einer Kontroll- und Interventionsgruppe statt. In Workshop erlernten die Schüler:innen das visuelle Programmieren mit Microsoft MakeCode für micro:bit und lösten unterschiedliche naturwissenschaftliche-technische Problemstellungen mit dem Ziel, Programme für eine 16x16 LED Matrix zu entwickeln, welche sich auf dem Smart Shirt befindet. Bei der Intervention ging es darum, einen konstruktiven Umgang mit Fehlern zu fördern. Zu den drei Messzeitpunkten wurden Fragebögen eingesetzt. Zusätzlich wurden kurze Interviews nach dem Follow-Up-Test geführt. Die Stichprobe bestand aus 269 Schüler*innen der Sekundarstufe I (7.-9. Klasse) aus der Deutschschweiz.
In der genannten Interventionsstudie wurden die Prätest-Daten zum Umgang mit Fehlern und dem Verständnis von NOS-Aspekten des Fragebogens ausgewertet. Der Umgang mit Fehlern wurde mit Skalen zur Fehlerlernorientierung und zu affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler erhoben. Die Skala Fehlerlernorientierung wurde von Spychiger, Kuster und Oser (2006) adaptiert und adressiert den kognitiven Bereich des Umgangs mit Fehlern. Die Skala erhebt, ob die Schüler:innen Fehler als Lernchance sehen oder nicht. Ein Beispielitem lautet: „Fehler im Unterricht helfen mir, es hinterher besser zu machen.“ (Spychiger et al., 2006, S. 97). Die Skala affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler wurde von Dresel, Schober, Ziegler, Grassinger und Steuer (2013) adaptiert und adressiert den affektiv-motivationalen Bereich des Umgangs mit Fehlern. Ein Beispielitem aus dieser Skala lautet: „Wenn ich einen Fehler mache, habe ich danach weniger Spaß an der Aufgabe.“ (Dresel et al., 2013, S. 260) Das Verständnis von NOS-Aspekten wurde als Faktor zweiter Ordnung aus den NOS-Aspekten *Wissen ist vorläufig, aber beständig* (adaptiert von Harrison, Seraphin, Philippoff,

Vallin & Brandon, 2015), *Fehlermachen beim Experimentieren* (adaptiert von Kremer, 2010), und *Kreativität* (adaptiert von Shaakumeni & Csapó, 2019) konstruiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Fehlerlernorientierung und die affektiv-motivationalen Reaktionen der Schüler:innen auf Fehler sowie das Verständnis von NOS-Aspekten waren eher positiv bzw. adäquat mit hohen Standardabweichungen. Die Stichprobe war in Bezug auf das Geschlecht nahezu gleich verteilt, wobei die Anzahl der Schüler etwas höher war als die Anzahl der Schülerinnen. Die Schüler:innen waren durchschnittlich 13.6 Jahre alt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht Skalenwerte beim Prätest sowie Alter und Geschlecht

Skala	# Items	Zeitpunkt	*N*	*α*	*M*	*SD*
Fehlerlernorientierung	5	t_1	269	.74	4.3	.70
Affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler	6	t_1	269	.83	3.9	.83
NOS	9	t_1	269	.79	4.5	.61
Alter	1	t_1	269	-	13.6	1.04
Geschlecht	1	t_1	269	-	.45	.50

Anmerkungen: sechsstufige Likert-Skala (1 = stimmt überhaupt nicht, 2 = stimmt größtenteils nicht, 3 = stimmt eher nicht, 4 = stimmt eher, 5 = stimmt größtenteils, 6 = stimmt völlig); Geschlecht: männlich = 0, weiblich = 1; t1 = Prätest; Cronbachs Alpha (α), Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD)

Um die Fragestellung zu beantworten, inwiefern das Verständnis der Schüler:innen von NOS-Aspekten deren Umgang mit Fehlern beeinflusst, wurden Strukturgleichungsmodelle der unabhängigen Variable Verständnis von NOS-Aspekten auf die abhängige Variable Fehlerlernorientierung bzw. affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler gerechnet. Das Strukturgleichungsmodell der unabhängigen Variable Verständnis von NOS-Aspekten auf die abhängige Variable Fehlerlernorientierung zeigte einen starken und signifikanten Effekt ($\beta = 0.60$, $p < 0.001$). Dies bedeutet, dass Schüler:innen, die in den untersuchten Aspekten von NOS ein adäquates Verständnis haben, Fehler eher als etwas sehen, woraus sie lernen können. Das Ergebnis des Strukturgleichungsmodells der unabhängigen Variable Verständnis von NOS-Aspekten auf die abhängige Variable affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler zeigte einen mittelstarken und signifikanten Effekt vom Verständnis von NOS-Aspekten auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler ($\beta = 0.38$, $p < 0.001$). Dies bedeutet, dass Schüler:innen, die in den untersuchten Aspekten von NOS ein adäquates Verständnis haben, auch positive affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler berichten. Werden beide abhängigen Variablen in ein Strukturgleichungsmodell genommen, hat das Verständnis der Schüler:innen von NOS-Aspekten noch immer einen starken und signifikanten Effekt auf die Fehlerlernorientierung ($\beta = 0.60$, $p < 0.001$), jedoch kann kein Effekt mehr vom Verständnis der Schüler:innen von NOS-Aspekten auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler festgestellt werden ($\beta = -0.01$, $p = 0.95$). Indessen zeigten die Ergebnisse einen mittelstarken indirekten Effekt vom Verständnis von NOS-Aspekten über die Fehlerlernorientierung auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler ($\beta = 0.39$, $p < 0.001$). Die Fehlerlernorientierung wurde als Mediator identifiziert.

Diese Befunde legen nahe, dass dem Thema Fehler, sowohl aus allgemeindidaktischer als auch aus fachdidaktischer Sicht, im Kontext von NOS eine größere Bedeutung beigemessen werden sollte, um die Lehr- und Lernprozesse im MINT-Unterricht zu verbessern.

Literatur

Allchin, D. (2000). *To err is science.* Paper presented at the AAAS, Washington DC.

Allchin, D. (2004). Error and the nature of science. *American Institute of Biological Sciences*.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Studies and Science Education, 95*(3), 518-542. doi: https://doi.org/10.1002/sce.20432

Allchin, D. (2012). Teaching the nature of science through scientific errors. *Science Education, 96*(5), 904-926. doi: https://doi.org/10.1002/sce.21019

DeLiema, D., Dahn, M., Flood, V. J., Asuncion, A., Abrahamson, D., Enyedy, N. & Steen, F. (2020). Debugging as a context for fostering reflection on critical thinking and emotion. In E. Manalo (Hrsg.), *Deeper learning, dialogic learning, and critical thinking. Innovative research-based strategies for development in 21st century classrooms* (S. 209-228). New York: Routledge.

Dresel, M., Schober, B., Ziegler, A., Grassinger, R. & Steuer, G. (2013). Affektiv-motivational adaptive und handlungsadaptive Reaktionen auf Fehler im Lernprozess. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27*(4), 255-271. doi: https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000111

Harrison, G. M., Seraphin, K. D., Philippoff, J., Vallin, L. M. & Brandon, P. R. (2015). Comparing models of nature of science dimensionality based on the next generation science standards. *International Journal of Science Education, 37*(8), 1321-1342. doi: https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035357

Hielscher, M. & Honegger, B. D. (2015). Lernumgebungen für den Einstieg ins Programmieren: Versuch einer Klassifikation. Abgerufen von https://programmingwiki.de/images/a/a9/Programmierumgebungen_2015.pdf

Kelleher, C. & Pausch, R. (2005). Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers. *ACM Computing Surveys, 37*(2), 83-137. doi: https://doi.org/10.1145/1089733.1089734

Kremer, K. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I* (Dissertation, Universität Kassel). Abgerufen von https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2010091734623

Michaeli, T. & Romeike, R. (2019). Debuggen im Unterricht - Ein systematisches Vorgehen macht den Unterschied. In A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle* (S. 129-138). Bonn: Gesellschaft für Informatik.

Perscheid, M., Siegmund, B., Taeumel, M. & Hirschfeld, R. (2016). Studying the advancement in debugging practice of professional software developers. *Software Qual J, 25*, 83-110. doi: https://doi.org/10.1007/s11219-015-9294-2

Schmid, R. (in press). *Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler*innen der Sekundarstufe I – Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld*. Dissertation. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.

Schmid, R., Robin, N., Smit, R. & Strahl, A. (2022). The influence of error learning orientation on intrinsic motivation for visual programming in STEM education. *European Journal of STEM Education, 7*(1), 1-12. doi: https://doi.org/10.20897/ejsteme/12477

Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege zu einer neuen Fehlerkultur* (S. 49-72). Freiburg im Breisgau: Herder.

Shaakumeni, S. N. & Csapó, B. (2019). Exploring the factorial validity of the beliefs about nature of science questionnaire. *Science Education International, 30*(1), 38-44.

Spychiger, M., Kuster, R. & Oser, F. (2006). Dimensionen von Fehlerkultur in der Schule und deren Messung. Der Schülerfragebogen zur Fehlerkultur im Unterricht für Mittel- und Oberstufe. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaft, 28*, 87-110. doi: https://doi.org/10.25656/01:4140

Dirk Brockmann-Behnsen[1]

[1]IDMP – AG Physikdidaktik
Leibniz Universität Hannover

Praktikumsvorbereitung neu gedacht – ein Scrum-basiertes Konzept für das Vorbereitungsseminar

Hintergrund

Die Scrum-Methode stammt aus der agilen Softwareentwicklung. Kernziel ist die Ermutigung der Mitarbeitenden zu eigenverantwortlichem Arbeiten und Handeln. Vorgesetzte agieren hier eher als Beratende denn als Führende des Arbeitsprozesses. Die Mitarbeitenden bearbeiten in kleinen Gruppen komplexe Aufgaben. Sie setzen sich in kurzen Arbeitszyklen eigene Ziele zu deren Erreichung. Nach jedem Arbeitszyklus werden die Ergebnisse vom gesamten Team kritisch bewertet und die Ziele für den nächsten Arbeitszyklus entsprechend angepasst (s. Mittelbach, 2020 sowie Schwaber & Sutherland, 2020). Bildungsforscher haben wiederholt gezeigt, dass Lernende stärker intrinsisch motiviert sind, wenn sie ihren Lernprozesses eigenständig gestalten und überwachen können (z. B. Stone, Deci, & Ryan, 2009). In diesem Beitrag wird erläutert, warum sich die iterative und inkrementelle Scrum-Methode gerade auch für den Bildungsbereich hervorragend eignet und wie sich die einzelnen Bestandteile dieser Methode auf die Hochschullehre übertragen lassen.

Die Arbeitsgruppe Physikdidaktik des Instituts für Didaktik der Mathematik und Physik (IDMP) der Leibniz Universität Hannover ist zuständig für die fachdidaktische Qualifizierung von Studierenden des Gymnasial- und Berufsschullehramts. Ein zentrales Modul dieser Ausbildung ist das "Fachpraktikum Physik". Es besteht aus einem Vorbereitungsseminar an der Universität und einem fünfwöchigen Blockpraktikum an Gymnasien und Berufsschulen in der Region Hannover. Im Blockpraktikum werden die Studierenden besucht und erhalten ein ausführliches Feedback zu ihrer Unterrichtsplanung und der gezeigten Stunde. Im Vorbereitungsseminar sollen die Studierenden die fachlichen und pädagogischen Voraussetzungen für das anschließende Blockpraktikum erwerben. Ziel ist es, auf der Basis einer soliden theoretischen Grundlage berufspraktische Kompetenzen zu vermitteln, wie es im Leibniz‘schen Grundsatz "Theoria cum Praxi" pointiert wird. Die Studierenden sollen zu einem breiten Spektrum professionellen Handelns befähigt werden, gleichzeitig aber auch in die Lage sein, ihr Handeln vor dem Hintergrund didaktischer Forschungsergebnisse verstehen und reflektieren zu können.

An der Leibniz Universität Hannover wurde die Scrum-Methode im Vorbereitungsseminar für das Fachpraktikum Physik erprobt. Dieser Beitrag liefert eine Beschreibung der konkreten Umsetzung des Scrum-Konzepts sowie Ergebnisse der Begleitforschung, die zeigen, wie einzelne Komponenten der implementierten Scrum-Methode von den Teilnehmenden am Vorbereitungsseminar aufgenommen werden.

Forschungsfragen

Zwei Forschungsfragen, die sich aus der Implementierung des Scrum-Konzepts in das Vorbereitungsseminar ergeben, sollen in diesem Beitrag beantwortet werden:

[F1] Wie kann das Scrum-Konzept auf das Vorbereitungsseminar zum Fachpraktikum übertragen werden?

[F2] Als wie hilfreich wurden die einzelnen Komponenten des Scrum-Konzeptes von den Studierenden wahrgenommen?

Umsetzung des Scrum-Konzepts im Vorbereitungsseminar

Um Frage [F1] zu beantworten, wird im Folgenden beschrieben, wie das Scrum-Konzept auf das Vorbereitungsseminar übertragen wurde (siehe Abbildung 1). Zunächst teilte die Lehrkraft die Studierenden zu Beginn des Semesters in jeweils drei- bis fünfköpfige Teams mit einem Teamkapitän ein. Der Teamkapitän war selbst Teil des Teams, aber darüber hinaus für den Arbeitsprozess des Teams und die Kommunikation mit der Lehrkraft verantwortlich. Die Teams entwickelten im Vorbereitungsseminar innerhalb eines Zeitrahmens von etwa zwei Seminarsitzungen plus Vor- und Nachbereitungszeit einen Unterrichtsentwurf zu einem von der Lehrkraft vorgegebenen Thema. Um die einzelnen Arbeitsschritte bei der Stundenplanung

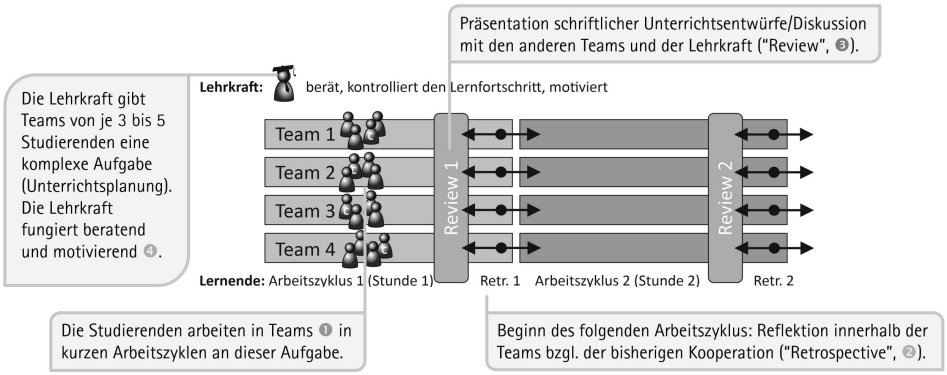


Abb. 1: Ablaufschema der Arbeitszyklen im Scrum-Konzept

sinnvoll zu terminieren und auf die Teammitglieder zu verteilen, erstellte jedes Team eine tabellarische Übersicht, den sogenannten „Flap". Darin wurden die einzelnen Arbeitsschritte genau definiert und deren Erfüllungsgrad durch mobile grafische Elemente tagesaktuell festgehalten. Die fertigen Unterrichtspläne wurden auf einer Internetplattform hochgeladen und von den Mitgliedern aller Teams kritisch gelesen und in einer gemeinsamen Sitzung ("Review") besprochen.

Dabei wurden alle Unterrichtsentwürfe von den Teams nacheinander vorgestellt. Die anderen Teams diskutierten die Entwürfe mit den Vortragenden. Am Ende jeder Vorstellung und Diskussion gab dann die Lehrperson Rückmeldungen zu den Entwürfen. Dieses kritische Feedback der anderen Teams und der Lehrperson ist in zweierlei Hinsicht bedeutsam: Zum einen dient es der Überarbeitung des bestehenden Unterrichtsplans, zum anderen liefert es wichtige Hinweise zur Verbesserung der Qualität zukünftiger Unterrichtspläne. Die Vorstellungen der anderen Teams können darüber hinaus wertvolle Impulse für die eigenen Unterrichtsentwürfe liefern.

In der Seminarstunde nach dem Review begann ein neuer Arbeitszyklus mit der Planung einer weiteren Schulstunde. Zuvor sollten die Teams gruppenintern über die Vorzüge und Nachteile ihrer bisherigen Zusammenarbeit sprechen. Erfahrungsgemäß fällt Studenten dies jedoch nicht leicht. Daher wurde nach Möglichkeiten gesucht, diesen Prozess methodisch zu unterstützen. Die Postkartenmethode stellt eine in der Literatur (vgl. z. B. Knoll, 2003[10]) beschriebene Vorgehensweise dar, Gesprächsprozesse anzuregen. Dabei legt die Lehrperson den Studenten eine Reihe von Postkartenmotiven vor, aus denen diese dann Motive auswählen, über die sie an das eigentliche Thema anknüpfen können. In dem hier beschriebenen Seminar wurde diese Methode etwas abgewandelt. Die Studenten suchen sich als vorbereitende Hausaufgabe vor der Retrospektive im Internet ein „Urlaubsmotiv" aus und verfassen eine fiktive Urlaubskarte, die sie an ihre Teamteilnehmenden schreiben und ihnen während der Retrospektive vorlesen.

Die Rückmeldung an die Teamteilnehmenden wird dabei in eine „Urlaubserinnerung“ übersetzt. Die Transformation in einen positiv konnotierten Kontext soll es den Studierenden dabei erleichtern, ihre Kritik an den anderen Teamteilnehmenden zu formulieren.

Danach gingen die Teams zum nächsten Arbeitszyklus über. Im Falle des Vorbereitungsseminars bedeutete dies, dass eine weitere Unterrichtsstunde geplant werden sollte. Dieser iterative (Arbeit in kurzen Zyklen) und inkrementelle (schrittweise Qualitätssteigerung durch regelmäßige Rückmeldungen) Charakter macht das Scrum-Konzept in Lernprozessen sehr effektiv.

Wahrnehmung bestimmter Scrum-Komponenten durch die Studierenden

Das Modul "Fachpraktikum" wird durch eine langfristige Begleitforschung untersucht. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die beiden Modulkomponenten (Vorbereitungsseminar und geblocktes Fachpraktikum) sowie die Erhebungen der Begleitforschung.

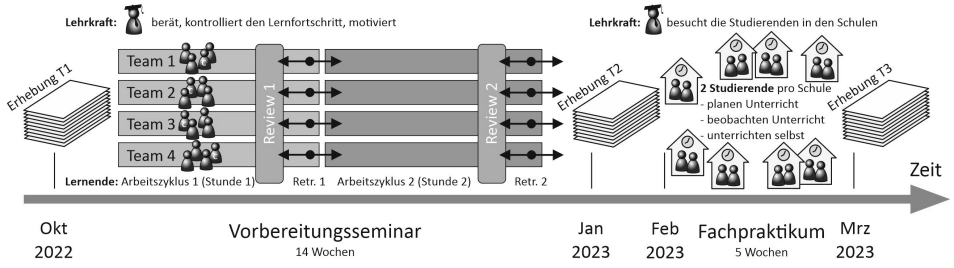


Abb. 2: Übersichtsdarstellung des Moduls „Fachpraktikum“ und der Begleitforschung

Zu drei Zeitpunkten (T1: vor dem Vorbereitungsseminar, T2: zwischen Vorbereitungsseminar und Fachpraktikum, T3: nach dem Fachpraktikum) wurden von den Studierenden mithilfe eines Erhebungsbogen Daten zu unterschiedlichen Fragestellungen erhoben. Tabelle 1 gibt eine Übersicht:

Erhebung T1	Erhebung T2	Erhebung T3
Demographische Daten Pädagogische Vorerfahrung		
	Beurteilung Scrum-Methode	
	Mediennutzung VS	Mediennutzung FP
Fachdidaktische Kompetenz	Fachdidaktische Kompetenz	Fachdidaktische Kompetenz
Unterrichtskompetenz • Selbsteinschätzung	Unterrichtskompetenz • Selbsteinschätzung	Unterrichtskompetenz • Selbsteinschätzung • Externe Einschätzung

Tab. 1: Item-Gruppen der Erhebungen T1 bis T3

Dieser Bericht fokussiert mit Frage [F2] darauf, ob bestimmte für das Scrum -Konzept wichtige Komponenten von den Studierenden als hilfreich wahrgenommen wurden. Konkret wurden bei Erhebung T2 vier Komponenten des Konzepts mit jeweils drei selbst entwickelten Items abgefragt. Die Reliabilitäten innerhalb der Item-Gruppen wurden geprüft.
Die Antworten konnten auf einer siebenstufigen Likert-Skala von "stimme überhaupt nicht zu" bis "stimme voll zu" gegeben werden. Die vier Komponenten lauteten:

❶ Zusammenarbeit innerhalb der Teams während der Arbeitsphasen
❷ Retrospektiven zur Reflexion der Zusammenarbeit am Ende der Arbeitsphasen
❸ Feedback zu den Arbeitsergebnissen der anderen Teams in den Review-Phasen
❹ Hilfsbereitschaft des Dozenten als Berater.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 zu sehen. Für jedes Item wurden Boxplots gezeichnet und nach den jeweiligen Komponenten des Scrum-Konzepts gruppiert, auf die sie sich beziehen.

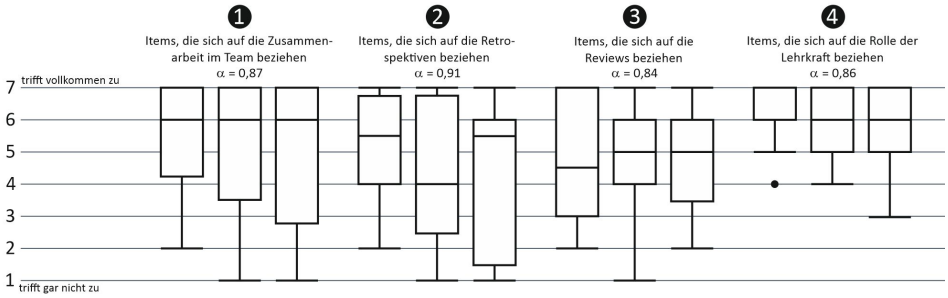


Abb. 3: Rückmeldung der Studierenden bzgl. ausgewählter Komponenten des Scrum-Konzepts

Die Reliabilität aller Item-Tripel ist mindestens gut (Cronbachs α zwischen 0,84 und 0,91). Die Mediane der Items, die die Qualität der Teamarbeit bescheinigen, liegen auf der (ordinalen) Skala bei 6. Dasselbe gilt für die Mediane der Items, die die Nützlichkeit der Lehrkraft als Berater bescheinigen. Bei den Items, die die Qualität der retrospektiven Phasen und des Feedbacks zwischen den Teams bescheinigen, liegen die Mediane zwischen 4 und 5,5. Die meisten Studierenden bestätigen also die Qualität der einzelnen Komponenten des Scrum-Konzepts, einige verneinen sie jedoch.

Diskussion

Es wurde festgestellt, dass die Schüler vor allem die Teamarbeit und die unterstützende Rolle des Lehrers als konstruktiv erlebten. Dies sind auch Komponenten, die z. B. in den Gruppenphasen traditioneller Unterrichtsmethoden vorkommen und den Studierenden daher vermutlich seit der Schulzeit vertraut sind. Andererseits sind die Reflexion vergangener Kooperationsphasen sowie das Arbeiten in kurzen Zyklen Komponenten, an die sich die Studierenden offenbar erst gewöhnen müssen, die hier aber bereits vergleichsweise positiv berichtet wurden. Das Vorbereitungsseminar wird auch in den kommenden Semestern in der beschriebenen Weise durchgeführt und weiter erforscht werden.

Literatur

Knoll, Jörg (2003[10]). *Kurs- und Seminarmethoden*. 10. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

eduScrum Team (2020). *The eduScrum Guide "The rules of the Game"* (The_eduScrum guide English_2.0_update.pdf, 29.01.2023)

Mittelbach, T. (Ed.),(2020). *Scrum in die Schule. Zeit für mehr Agilität im Unterricht*. Visual Ink Publishing

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. (https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf, 29.01.2023)

Stone, D. N., Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2009). Beyond talk: creating autonomous motivation through self-determination theory. *Journal of General Management*, *34* (3), 75–91. doi/pdf/10.1177/030630700903400305

Katrin Schüßler[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski[1]

Erfolg im Laborpraktikum: Welche Variablen sind relevant?

Theoretischer Hintergrund

Studierende definieren Erfolg im Studium über das Bewertungssystem und die Kursstruktur (Russell & Weaver, 2008). Da fast alle Universitäten in den Naturwissenschaften die praktischen Fähigkeiten der Studierenden über deren Protokolle bestimmen (Meester & Maskill, 1995; Sacher & Bauer, 2020; Seery et al., 2019), spielen die praktischen Fähigkeiten der Studierenden für ihre Bewertung nur eine untergeordnete Rolle - außer dass sie (irgendwie) das Experiment bestehen müssen (Elert, 2019). Fachdidaktisch herrscht keine Einigkeit darüber, ob Studierende durch das Laborpraktikum (1) den praktischen Umgang mit Geräten und Chemikalien (practise-focused), (2) ein vertieftes Verständnis der Theorie, auf der die Experimente basieren (theory-focused), oder (3) die Verbindung von beidem (linking of theory and practise) erlernen sollen (Elert, 2019; Russell & Weaver, 2008; White, 1996). Wenig überraschend wird das Lernziel des Experiments nur in etwa der Hälfte der Skripte beschrieben (Meester & Maskill, 1995). In der Literatur werden zum Teil weitere affektive Ziele für Laborpraktika diskutiert: Interesse, Motivation (Russell & Weaver, 2008), Abwechslung bieten, Motivieren, Spannend und Attraktion für Lernende (White, 1996).

Bezüglich der Bearbeitung der Versuche beschreibt die Literatur, dass das, was Studierende aus einer Aufgabe machen, nicht zwangsläufig das ist, was Lehrende intendiert hatten (Tiberghien et al., 2001). Johnstone und Wham (1982) beschreiben beispielsweise drei stereotype Verhaltensweisen: Lernende arbeiten (1) das Skript Schritt für Schritt ab, ohne zu wissen, was sie tun („Wir arbeiten an der Reaktion auf Seite 4“), (2) so schnell es geht, ohne nachzudenken, was sie tun (Ziel: fertig werden / den richtigen Zustand herstellen; siehe auch Galloway & Bretz, 2016) und (3) an „eigenen Experimenten“ statt an der Fragestellung. Als mögliche Erklärungen werden kognitive Überlastung (Johnstone & Wham, 1982), aber auch eine Betrachtung des Labors als nicht-kognitives Event (Johnstone & Wham, 1982) bzw. kein Raum, in dem neue Konzepte erlernt werden (Russell & Weaver, 2008), diskutiert. Domin (1999a) geht davon aus, dass Laborpraktika Studierenden nicht genug Zeit lassen, um über zugrundeliegende Prinzipien nachzudenken. Studien deuten dagegen darauf hin, dass Laborpraktika keine qualitative Fehlbeanspruchung, sondern quantitative Fehlbeanspruchung (Schwedler, 2017) darstellen und von den Studierenden entsprechend als zeitraubend empfunden werden (Russell & Weaver, 2008). Als weitere möglicherweise relevante Faktoren werden emotionaler Stress durch Zeitdruck, Hilflosigkeit und der Wunsch schnell fertig zu werden diskutiert (Elert, 2019; Galloway & Bretz, 2016; Keen & Sevian, 2022; Seery et al., 2019).

Forschungsfragen

Welcher Zusammenhang zwischen versuchsbezogenen Variablen (kognitive Belastung, Motivation, Interesse, erreichte Punktzahl, Stressempfinden) sowie Variablen der Lernumgebung (Lernziele der Studierenden, Kursklima, unnötige kognitive Belastung) und Leistungsbewertung (Protokollnote) besteht, wird im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht.

Bestehen Zusammenhänge …

- (FF1) für die Prozessvariablen zwischen den Versuchen?

- (FF2) zwischen den Prozessvariablen für einen Versuch?
- (FF3) zwischen der (Protokoll)Note, Prozessvariablen und Variablen der Lernumgebung?

Lehrveranstaltung

Die Untersuchung fand im Erstsemesterpraktikum Allgemeine Chemie für Lehramtsstudierende Chemie (B.Sc.) in drei Praktikumsgruppen (2 x semesterbegleitend, 1 x Block zu Beginn der vorlesungsfreien Zeit) für 7 Versuche zur quantitativen Analyse statt (1. Essigsäuretitration, 2. Pufferlösung, 3. Redoximetrie, 4. Komplexometrie, 5. Gravimetrie, 6. Elektrogravimetrie, 7. Photometrie). Im Rahmen des Praktikums müssen Studierende zunächst ein Antestat zu jedem Versuch bestehen, bevor sie eine Probelösung erhalten, die sie analysieren, um anschließend den zu ermittelnden Wert zu berechnen, den sie bei der Praktikumsleitung ansagen. Entsprechend der Übereinstimmung zwischen bestimmtem Wert und tatsächlichem Wert erhalten die Studierenden zwischen 0 und 10 Punkte. Falls weniger als 2 Punkte erzielt wurden, muss der Versuch wiederholt werden. Im Durchschnitt müssen pro Versuch 5 Punkte erreicht werden. Nach Bestehen der 7 Versuche wird den Studierenden ein Versuchsprotokoll zu drei Versuchen zugeordnet. Für das Anfertigen des Protokolls haben die Studierenden eine Woche Zeit, bei nicht ausreichender Leistung kann das Protokoll einmalig korrigiert werden.

Studiendesign

Vor Beginn des Praktikums (Pre-Zeitpunkt) wurden die Lernziele der Studierenden erfasst. Hierzu wurden 32 Lernziele (Elert, 2019) über 5-stufige Ratingskala zur erwarteten Relevanz im Praktikum von den Studierenden bewertet. Im Praktikum wurden für jeden Versuch vor jeder Ansage die kognitive Belastung (empfundene Aufgabenschwierigkeit, Kalyuga et al., 2001, investierte Denkanstrengung, Paas, 1992), Motivation (Erwartung: Was erwarten Sie, wie gut Sie in diesem Versuch abschneiden werden?, Wert: Für wie nützlich halten Sie diesen Versuch?) und Interesse (situationales Interesse: Ich finde diesen Versuch interessant, Relevanz: Ich finde diesen Versuch persönlich wichtig) über 9-stufige Ratingskalen erfasst. Nach der Ansage wurde die erreichte Punktzahl sowie, erneut über 9-stufige Ratingskalen, der erlebte Stress erfasst (Schwarzer & Jerusalem, 1999). Nach Bestehen der sieben Versuche (Post-Zeitpunkt) wurden erneut die Lernziele erhoben (s. o.) sowie die erlebte unnötige kognitive Belastung durch die Lernumgebung (8 Items, 7-stufig, adaptiert nach, Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014) und das Kursklima (adaptierte Skala Wärme des Linzer Fragebogen zum Schul- und Klassenklima (8-13), semantische Differentiale, 5-stufig, Eder, 1998) erhoben. Nach Bestehen des Protokolls (Follow up-Zeitpunkt) wurden zusätzlich zur Protokollnote die Variablen des post-Zeitpunkts erneut erhoben.

Methode

Aufgrund von hohen Datenverlusten werden für die Analyse lediglich die Versuche 2-7 und hier jeweils nur die erste Ansage pro Versuch betrachtet. Berücksichtigt wurden nur Studierende mit nahezu vollständigen Datensätze ($N = 20$). Die Datenanalyse erfolgte mit IBM SPSS (Version 26). Berichtet werden Korrelationsanalysen.

Ergebnisse

Die einzige Variable, für die sich über alle sechs Versuche signifikante Korrelationen findet (FF1), ist des Stresserleben ($r = .654$-$.906$). Für die Variable Wert finden sich noch für etwa die Hälfte der Versuche signifikante Korrelationen. Für alle anderen Variablen finden sich über die Versuche hinweg lediglich einzelne signifikante Zusammenhänge. Es scheinen demnach kaum Zusammenhänge zwischen beispielsweise der kognitiven Belastung, die ein Versuch verursacht, und der kognitiven Belastung, die ein anderer Versuch verursacht, zu bestehen.

Auch hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den betrachteten Prozessvariablen pro Versuch (FF2) finden sich kaum stringente Zusammenhänge über alle Versuche. Lediglich Wert und situationales Interesse sind für alle sechs Versuche signifikant korreliert (r = .510 - .908). Erwartbare Zusammenhänge, wie beispielsweise zwischen kognitiver Belastung, Motivation und erreichter Punktzahl, sind nur in Teilen und dann nur vereinzelt vorhanden.
Zwischen der Protokollnote und Prozessvariablen (kognitive Belastung, Motivation, Interesse, erreichte Punktzahl, Stressempfinden) sowie Variablen der Lernumgebung (Lernziele der Studierenden, Kursklima, unnötige kognitive Belastung) (FF3) liegen keine stringenten Zusammenhänge vor. Es gibt zwar vereinzelte signifikante Korrelationen zwischen Prozessvariablen und der Protokollnote, diese treten aber nur für einzelne Versuche auf. Die erreichte Punktzahl und die kognitive Belastung korrelieren für keinen Versuch mit der Protokollnote.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Protokollnote in quasi keinem Zusammenhang mit der Lernumgebung oder dem Lernprozess im Praktikum steht. Auch auf Ebene der Versuche bleiben erwartbare Zusammenhänge, wie beispielsweise zwischen kognitiver Belastung und erreichter Punktzahl oder zwischen Erwartung der Studierenden und erreichter Punktzahl aus. Lediglich Wert und situationales Interesse sind für alle sechs Versuche signifikant korreliert. Für die betrachteten Prozessvariablen bestehen über die sechs Versuche hinweg wenig Zusammenhänge. Studierende, die in Versuch 3 eine hohe Punktzahl erreichen, erreichen beispielsweise nicht auch in Versuch 4 eine hohe Punktzahl (obwohl beide Versuche Titrationen sind). Die Versuche scheinen demnach nicht eine kohärente Lernumgebung zu bilden, sondern eher für sich zu stehen. Für Studierende scheint es auch dadurch schwierig zu sein einzuschätzen, welche Anforderungen an sie gestellt werden und ob es ihnen gelingt diese zu bewältigen.
Angesichts der Ergebnisse überrascht es wenig, dass Studierende keinen Zusammenhang zwischen ihren Fähigkeiten und dem Erfolg im Labor sehen (Elert, 2019; Galloway & Bretz, 2016). Für mehr Transparenz bezüglich der Anforderungen im Labor ist ein fachdidaktischer Konsens darüber, was Studierende im Labor lernen sollen unerlässlich (Keen & Sevian, 2022). Im Sinne eines Constructive Alignments (Wildt & Wildt, 2011) sollten (1) Transparenz über Lernziele, (2) dazu passende Aufgaben und (3) eine passende Bewertung (wie kann die aussehen?) angestrebt werden (Sacher & Bauer, 2020).

Limitationen

Die vorliegenden Ergebnisse sind durch hohe Datenverluste, die Beschränkung auf nur sechs Versuche und die erste Ansage beschränkt. Berücksichtigt wurden nur 20 Studierende mit (fast) vollständigen Datensätzen – dadurch wurden Abbrecherinnen und Abbrecher automatisch ausgeschlossen. Viele Studierende stammen aus der sehr kleinen Blockveranstaltung. Die vorliegende Studie hat die Antestate nicht berücksichtig (extrinsisch motivierte Vorbereitung auf ein Experiment „Du darfst sonst nicht anfangen“, Meester & Maskill, 1995) und es liegen keine (Fach)Wissensdaten vor.
Darüber hinaus muss angesichts der Ergebnisse die Auswahl der Variablen hinterfragt werden. Qualitative Studien zeigen, dass möglicherweise (auch) Frustration und Langeweile relevante Variablen sein können (Galloway & Bretz, 2016; Keen & Sevian, 2022; Seery et al., 2019).

Literaturverzeichnis

Domin, D. S. (1999a). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, *76*(1), 109–111. https://doi.org/10.1021/ed076p109

Eder, F. (1998). *Linzer Fragebogen zum Schul- und Klassenklima für die 8.-13. Klasse (LFSK 8-13): Handanweisung*. Hogrefe-Verlag.

Elert, T. (2019). *Course success in the undergraduate general chemistry lab*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 284*. Logos Verlag.

Galloway, K. R. & Bretz, S. L. (2016). Video episodes and action cameras in the undergraduate chemistry laboratory: eliciting student perceptions of meaningful learning. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(1), 139–155. https://doi.org/10.1039/c5rp00196j

Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*(19), 71–73.

Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, *93*(3), 579–588. https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579

Keen, C. & Sevian, H. (2022). Qualifying domains of student struggle in undergraduate general chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, *23*(1), 12–37. https://doi.org/10.1039/d1rp00051a

Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, *45*(4), 1058–1072. https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1

Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. & van Merriënboer, J. J. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction*, *30*, 32–42. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.001

Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. *International Journal of Science Education*, *17*(6), 705–719. https://doi.org/10.1080/0950069950170603

Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, *84*(4), 429–434. https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429

Russell, C. B. & Weaver, G. (2008). Student Perceptions of the Purpose and Function of the Laboratory in Science: A Grounded Theory Study. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, *2*(2). https://doi.org/10.20429/ijsotl.2008.020209

Sacher, M. D. & Bauer, A. B. (2020). Kompetenzförderung im Laborpraktikum. In T. Haertel, S. Heix, C. Terkowsky, S. Frye, T. R. Ortelt, K. Lensing & D. May (Hrsg.), *Labore in der Hochschullehre* (S. 51–66). wbv Publikation.

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. R. Schwarzer.

Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 165–179. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0064-5

Seery, M. K., Agustian, H. Y. & Zhang, X. (2019). A Framework for Learning in the Chemistry Laboratory. *Israel Journal of Chemistry*, *59*(6-7), 546–553. https://doi.org/10.1002/ijch.201800093

Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C. & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, *85*(5), 483–508. https://doi.org/10.1002/sce.1020

White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, *18*(7), 761–774. https://doi.org/10.1080/0950069960180703

Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im "Constructive Alignment". Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, A. Fleischmann, N. Schaper, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre.* DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH.

Moritz Kriegel[1]
Verena Spatz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Authentische Vermittlung des Forschungsalltages in der Physik

Einleitung

Schüler:innen haben oft wenig differenzierte Vorstellungen über die Arbeitsweisen und Tätigkeiten von Naturwissenschaftler:innen. Insbesondere die theoretische Physik ist in den Vorstelllungen der Schüler:innen zum physikalischen Forschungsalltag stark unterrepräsentiert. Stereotypische und naive Vorstellungen über dieses Berufsfeld sind demnach weit verbreitet, was zu unreflektierten Entscheidungen bei der späteren Berufswahl führen kann. Um diesen Umstand zu adressieren, wurde an der TU Darmstadt eine universitäre Projektwoche eingesetzt. Im Folgenden werden erste Ergebnisse der Evaluation der Projektwochen dargestellt.

Theoretischer und organisatorischer Rahmen

Die Person des Naturwissenschaftlers ist bei Schüler:innen häufig mit negativen Stereotypen belegt. Wie zahlreiche „Draw a Scientist Tests“ zeigen, illustrieren Kinder Forschende in den Naturwissenschaften häufig mit einem alten und verrückten Mann mit Brille, der allein in einem Labor arbeitet (z. B. Chambers 1983, Kelly 2018). Diese Vorstellungen sind jedoch stark verkürzt und vernachlässigen die vielfältigen Aufgaben in der modernen naturwissenschaftlichen Forschung, was in Anbetracht des nach wie vor bestehenden Fachkräftemangels in den MINT-Fächern ein Problem darstellt, da fundierte Kenntnisse über Berufsfelder einen wesentlichen Einfluss auf Berufswahlentscheidungen von Jugendlichen haben (McNally 2020, Cheryan 2017). Eine Möglichkeit die beruflichen Tätigkeiten von Naturwissenschaftler:innen zu klassifizieren ist das RIASEC+N Modell von Dierks et al. (2014). Hierbei werden jeweils kategorial verwandte Tätigkeiten in den Dimensionen Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprizing, Conventional und Networking subsummiert. Das Modell wurde seither in verschiedenen Studien verwendet, um das Interesse von Jugendlichen an (z. B. Dierks et al. 2016, Blankenburg et al. 2016, Höft et al. 2019) oder deren Kenntnis über Tätigkeiten von Naturwissenschaftler:innen (Stamer et al. 2019, Leiß 2020) zu untersuchen.

Der Annahme folgend, dass die gemeinsame Beschreibung aller Naturwissenschaften die Tätigkeiten in der theoretischen Physik unzureichend abbildet, da die bisherigen Studien einen starken Fokus auf experimentelle Tätigkeiten legen, konnten in einer Vorstudie unterschiedliche Tätigkeitsprofile für Professor:innen und Doktorand:innen der experimentellen und theoretischen Physik eines großen Sonderforschungsbereiches der TU Darmstadt gefunden werden (Kriegel und Spatz, 2022).

Projektwoche „Young Physicists @ TU Darmstadt“

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde eine universitäre Projektwoche konzipiert, um Schüler:innen einen möglichst intensiven und authentischen Einblick in den physikalischen Forschungsalltag zu ermöglichen. Hierbei haben Gruppen von bis zu 20 hoch interessierten Schüler:innen – selbstselektiert jeweils aus den Klassenstufen acht bis zehn eines ganzen Gymnasiums - vier Tage an der TU Darmstadt verbracht. Das Programm der Projektwoche

beinhaltete unter anderem häufigen direkten Kontakt zu Forschenden, Kurzvorlesungen zu Themen der Kern- und Astrophysik, Laborführungen und zahlreiche Hands-On Aktivitäten, wie Experimente oder Simulations- und Programmierungsaufgaben.

Studiendesign und ausgewählte Forschungsziele

Ein Ziel der Studie war zu untersuchen, inwiefern es sich bei der Projektwoche um eine wirksame Intervention handelt, um die Vorstellungen von Kindern bezüglich des Forschungsaltages in der Physik zu adressieren. Hierzu wurde ein Prä-Post-Follow-Up Design verwendet. Die fünf Projektwochen mit begleitender Erhebung wurden zwischen März und Juli 2023 mit insgesamt $N_{Prätest}$ = 96 (w: 35, m: 60) und $N_{Posttest}$ = 94 (w: 38, m: 55) Schüler:innen durchgeführt. Im Folgenden werden erste Ergebnisse der Prä- und Posterhebung vorgestellt (Follow-Up wird noch ausgewertet), um zu untersuchen, welche Effekte die Projektwoche „Young Physicists @ TU Darmstadt“ auf die Vorstellungen von Schüler:innen über die Tätigkeiten von Physiker:innen der Kern- und Astrophysik hat.

Hierzu wurde ein webbasierter Fragebogen eingesetzt, um, neben anderen Skalen z. B. zum Interesse oder dem Image über die Naturwissenschaften, die Vorstellungen von Schüler:innen über die Tätigkeiten von Physiker:innen zu erfassen. Die fünfstufige Ratingskala („nie“ bis „sehr häufig“) zu den Tätigkeiten setzt sich dabei aus den 46 Tätigkeitsitems der Vorstudie zusammen, welche sprachlich für die Zielgruppe angepasst wurden. Außerdem wurden vier Distraktor–Items ergänzt. Anschließend können die Schüler:innen die Person, deren Tätigkeiten sie vorher beschrieben haben, in einem Freitextfeld näher spezifizieren (z. B. meine Lehrkraft/ einen theoretischen Physiker). Die nachträgliche Zuteilung der Tätigkeitsitems zu den RIASEC+N Dimensionen ermöglicht den Vergleich zu den Tätigkeitsprofilen aus der Vorstudie.

Erste Ergebnisse

Da die Schüler:innen der Jahrgänge acht bis zehn keine signifikanten Unterschiede in deren Antwortverhalten gezeigt haben, werden im Folgenden alle Datensätze gemeinsam betrachtet. In Abb. 1 sind die Mittelwerte der Antworten von Schüler:innen zur wahrgenommen Häufigkeit der Tätigkeiten von Physiker:innen über die verschiedenen RIASEC+N Dimensionen aufgetragen. Bei den Datensätzen handelt es sich nur um Personen, die keine weitere Spezifikation des beschriebenen Physikers im Freitextfeld vorgenommen haben.

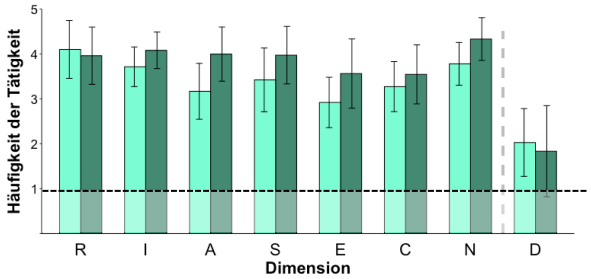


Abb. 1:Von Schüler:innen wahrgenommene Häufigkeit der Tätigkeiten von Physiker:innen in den verschiedenen RIASEC+N Dimensionen (hellgrün: Prätest N=96, dunkelgrün: Posttest N=69, Daten „ohne Spezifikation“) von 1: „nie“ bis 5: „sehr häufig“

Es zeigt sich, dass Schüler:innen im Prätest die Tätigkeiten in der Realistic Dimension ($M_{R\,Prä} = 4{,}1 \pm 0{,}64$) am höchsten bewerten, während sie alle anderen Dimensionen etwa in der Mitte der Skala bewerten. Im Posttest werden alle Dimensionen mit Ausnahme der

Realistic Dimension höher bewertet. Hier finden sich für die Networking Dimension die höchsten Werte ($M_{N\,Post} = 4{,}33 \pm 0{,}48$). Die Werte der einzelnen Dimensionen unterscheiden sich weiterhin kaum. In Abb. 2 und 3 werden die Posttest-Antworten von Schüler:innen, die ihren Physiker der Experimentalphysik bzw. theoretischen Physik zugeordnet haben, mit der Selbstwahrnehmung von experimentellen bzw. theoretischen Physiker:innen an der TU Darmstadt verglichen.

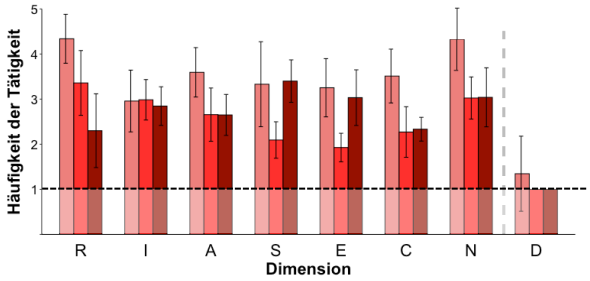


Abb. 2: Wahrgenommene Häufigkeit der Tätigkeiten in der exp. Physik in den verschiedenen RIASEC+N Dimensionen von Schüler:innen (links: N=14, Spezifikation „experimentell"), PhDs & PostDocs (Mitte: N=16) sowie Professor:innen (rechts: N=5).

Es zeigt sich, dass Schüler:innen Tätigkeiten der Social Dimension (z. B. Lehrtätigkeiten) und der Enterprizing Dimension (z. B. Managementtätigkeiten) im relativen Vergleich zu Professor:innen unterschätzen. Sieht man von der allgemeinen Überschätzung aller Dimensionen ab, lässt sich eine leichte Ähnlichkeit zum Tätigkeitsprofil von Doktorand:innen und PostDocs der Experimentalphysik finden. Auch beim Vergleich zur theoretischen Physik fällt auf, dass die Schüler:innen, bei relativer Betrachtung der Häufigkeiten, die Tätigkeitsprofile von Doktorand:innen und PostDocs treffend beschreiben können.

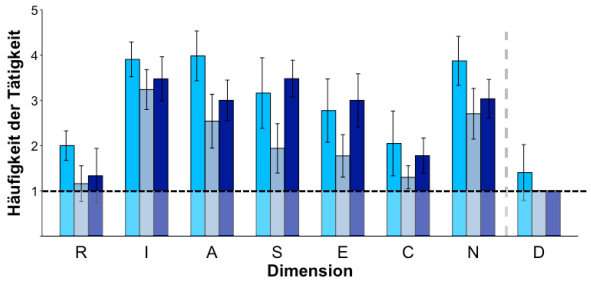


Abb. 3: Wahrgenommene Häufigkeit der Tätigkeiten in der theo. Physik in den verschiedenen RIASEC+N Dimensionen von Schüler:innen (links: N=14, Spezifikation „theoretisch"), PhDs & PostDocs (Mitte: N=16) sowie Professor:innen (rechts: N=5).

Diskussion und Fazit

Es scheint, dass Schüler:innen durch die Projektwoche einen Einblick in alle Tätigkeitsbereiche der Physik erhalten haben, da sie fast alle Dimensionen im Posttest höher bewerten. Schüler:innen, können im Posttest außerdem zwischen Tätigkeiten der experimentellen und theoretischen Physik unterscheiden und teilweise Tätigkeitsprofile von Doktorand:innen und PostDocs beschreiben. Limitierend anzumerken ist die Schwierigkeit, auf der Skala (nie bis sehr häufig) Tätigkeiten einzuschätzen. Die vorgestellten Ergebnisse liefern somit erste Indizien für die Wirksamkeit der Projektwoche. Weiterführende Analysen der quantitativen und qualitativen Daten sowie zur Nachhaltigkeit der Effekte stehen noch aus.

Literatur

Blankenburg, J. S., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2016). Fostering Today What is Needed Tomorrow: Investigating Students' Interest in Science. *Science education*, 100(2), 364–391. https://doi.org/10.1002/sce.21204

Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, *67*(2), 255–265.

Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K. & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? Psychological bulletin, 143(1), 1–35. https://doi.org/10.1037/bul0000052

Dierks, P. O., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2014). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. *Research in Science & Technological Education*, *32*(2), 97–114. https://doi.org/10.1080/02635143.2014.895712

Dierks, P. O., Höffler, T. N., Blankenburg, J. S., Peters, H. & Parchmann, I. (2016). Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests. *International Journal of Science Education*, *38*(2), 238–258. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1138337

Höft, L., Bernholt, S., Blankenburg, J. S. & Winberg, M. (2019). Knowing more about things you care less about: Cross-sectional analysis of the opposing trend and interplay between conceptual understanding and interest in secondary school chemistry. Journal of Research in Science Teaching, 56(2), 184–210. https://doi.org/10.1002/tea.21475

Kelly, L. B. (2018). Draw a Scientist: Uncovering students' thinking about science and scientists. *Science and Children*, *56*(4), 86–90.

Kriegel, M. & Spatz, V. (2022, 07. July). *Development of a RIASEC-based model to analyse students' perceptions of the work of nuclear- and astrophysicists,* GIREP 2022, Faculty of Education, University of Ljubljana.

Leiß, F. (2019). *Untersuchung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und deren Beeinflussung durch ein Schülerlabor* [Dissertation]. RWTH Aachen, Aachen.

McNally, S. & European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. (2020). Gender differences in tertiary education: what explains STEM participation? Publications Office. https://doi.org/10.2766/421080

Stamer, I., Kubsch, M., Steiner, M., Schwarzer, St. & Parchmann, I. (2019). Scientists, Their Work, and how Others Perceive Them: Self-Perceptions of Scientists and Students´ Stereotypes. *RISTAL*, 2, 85–101. https://doi.org/10.23770/rt1826

Laura Goldhorn[1]
Thomas Wilhelm[1]
Verena Spatz[2]

[1]Goethe-Universität Frankfurt
[2]TU Darmstadt

Interventionsstudie zur Förderung des Growth Mindset in Physik

Ein Growth Mindset in Physik – warum ist das wichtig?

Als Mindset beschreibt Carol Dweck die impliziten Überzeugungen zur Intelligenz, die sich im Wesentlichen an der Frage orientieren, ob Intelligenz eine determinierte oder entwickelbare Eigenschaft sei. Mithilfe von Aussagen, wie „Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht wirklich verändern lässt" (Dweck, 2000) kann eine Zuordnung vorgenommen werden: Wer dieser Aussagen (eher) zustimmt, wird dem Fixed Mindset zugeordnet; demgegenüber steht das Growth Mindset, dass auf der Überzeugung basiert, dass Intelligenz und damit auch Wissen und Fertigkeiten stets ausbaubar sind (Dweck, 2000). Ob Schüler*innen ein Growth oder Fixed Mindset haben, sagt zunächst nichts über ihr (akademische) Leistungsniveau aus. Doch viele Schüler*innen kommen während ihrer Schulzeit in einem oder auch mehreren Fächern in heraus- oder zunächst überfordernde Situationen, in denen ihre bisherigen Strategien sie nicht weiterbringen. In diesen Momenten des Strauchelns wird das Mindset wichtig: Während Schüler*innen mit einem Fixed Mindset die Schwierigkeiten häufig als „fehlende Begabung" interpretieren und zum Aufgeben tendieren, indem sie beispielsweise das Fach abwählen, suchen sich Schüler*innen mit einem Growth Mindset neue Strategien, um die Herausforderung zu meistern und neue Kompetenzen zu erlangen (Dweck & Yeager, 2019). Somit verknüpft ein Growth Mindset die entwicklungs-orientierte Überzeugung mit entsprechend lernförderlichen Strategien, was insbesondere im akademischen Kontext unterstützenswert ist (Mueller & Dweck, 1998).

Um das Mindset im Kontext Physikunterricht genauer zu untersuchen, wurde ein physikbezogener Mindset-Fragebogen entwickelt und in mehreren Erhebungen in der Sekundarstufe I und II eingesetzt (vgl. Goldhorn et al., 2020; Goldhorn et al., 2022a). Dieser Fragebogen verknüpft die Überzeugungen zur Intelligenz (Skala der impliziten Überzeugungen zur Intelligenz nach Dweck (2000)) mit fachspezifischen Überzeugungen zur Begabung in Physik sowie dem Beitrag von Anstrengung zu erfolgreichem Physiklernen (Goldhorn et al., 2020). Erhebungen mit dem physikbezogenen Mindset-Fragebogen (der aus insgesamt 15 Items auf den drei beschriebenen Skalen besteht) geben einen ersten Einblick in die Verteilung und Veränderung des Mindsets in Physik bei Schüler*innen. Besonders auffällig ist die Veränderung in den ersten Lernjahren Physik (die nachfolgend genannten Zahlen stammen aus einer Erhebung mit insgesamt N = 900 Gymnasialschüler*innen, vgl. dazu Goldhorn et al., 2022b). Bei Schüler*innen in der 7. Jahrgangsstufe, die erst in diesem Schuljahr mit dem Physikunterricht begonnen haben, ist das Growth Mindset noch deutlich dominierend vertreten (69 %) und nur sehr wenige Schüler*innen haben ein physik-bezogenes Fixed Mindset (4,3 %). Ein Schuljahr weiter, also in der 8. Jahrgangsstufe haben bereits 13 % der Schüler*innen ein physikbezogenes Fixed Mindset und der Growth Mindset-Anteil ist auf 44 % gesunken (Goldhorn et al., 2022b). Diese Entwicklung zieht sich durch die Sekundarstufe I durch: Der Anteil der Schüler*innen mit einem physik-bezogenen Growth Mindset wird kleiner, während mehr Schüler*innen physikbezogene Fixed Mindset-Überzeugungen zeigen (Goldhorn et al., 2022a; Goldhorn et al., 2022b).

Lerneinheit zur Förderung des Growth Mindsets

Um der beobachteten Entwicklung der physikbezogenen Mindsets während der Sekundarstufe I entgegenzuwirken, wurde eine Growth-Mindset-Intervention entwickelt. Obwohl es in der internationalen Mindset-Forschung bisher keine einheitliche Form der Intervention gibt, haben sich doch wesentliche Elemente wirkungsvoller Kurse zur Förderung eines Growth Mindset herauskristallisiert (Burnette et al., 2022; Yeager et al., 2016). Dazu gehört, dass mit neurowissenschaftlichen Informationen aus glaubwürdigen Quellen gearbeitet wird, aber auch die Growth-Mindset-Botschaft in einer leicht zu merkenden Metapher zu vermitteln. Die physikbezogene Growth Mindset-Intervention ist angelehnt an die von Yeager und Kolleg*innen im Rahmen der „National Study of Learning Mindsets" (Yeager et al., 2019) entwickelte Intervention für Schüler*innen. Ein zentrales inhaltliches Element ist eine deutsche Adaption des Textes „You Can Grow Your Intelligence" (Blackwell et al., 2007) mit dem Titel „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden" (von Zeeb et al., 2020). Der Text erklärt zunächst das Phänomen der Neuroplastizität und veranschaulicht es dann kontextbezogen am Beispiel verschiedener „Gehirn-Muskeln" für unterschiedliche Schulfächer. Zusätzlich zu diesem Text wird das Konzept Neuroplastizität noch einmal aufgegriffen und mit einem Experiment von Rosenzweig und Bennett (Rosenzweig et al., 1962) vertieft. Dazu lernen die Schüler*innen eine Lernstrategie (angelehnt an die im Mindset-Programm Brainology® (MindsetWorks, 2002-2014) vorgestellte Lernstrategie BRAIN, die als Akronym für *Brainstorming, Recherche, Aktiv lernen, Immer wieder wiederholen, Nicht aufgeben* steht), die sie innerhalb der Intervention am Beispiel des Experiments „Kerzenaufzug" angeleitet durchlaufen. Zum Abschluss wird noch der „Saying-Is-Believing-Effekt" genutzt und die Teilnehmer*innen sollen aus dem, was sie in der Lerneinheit gelernt haben, einen Rat an jüngere Schüler*innen fürs Physiklernen formulieren. Durch das Wiedergeben der in der Lerneinheit vermittelten Growth Mindset-Botschaft soll sich auch die Überzeugung der Teilnehmer*innen selbst verstärken (Higgins & Rholes, 1978). Für mehr Details zum Aufbau und den einzelnen Elementen der physikbezogenen Growth Mindset Intervention „Mach dein Gehirn fit für Physik" vergleiche Goldhorn et al. (2021; 2023).

Studiendesign und erste Ergebnisse

Die Lerneinheit wurde im Schuljahr 2022/2023 in einer papierbasierten Version eingesetzt und richtet sich an Schüler*innen der Sekundarstufe I aller Schulformen. Die Schüler*innen bearbeiten die Lerneinheit einzeln und weitestgehend selbstständig. Die begleitenden Physiklehrkräfte sind inhaltlich nicht geschult und helfen nur bei auftretenden (Verständnis-)Schwierigkeiten. Vor Beginn der Lerneinheit wird das physikbezogene Mindset der Teilnehmer*innen mithilfe des oben vorgestellten Mindset-Fragebogens erhoben. Die Lerneinheit wird (idealerweise) in zwei aufeinanderfolgenden Doppelstunden bearbeitet, etwa zwei Monate nach Abschluss der Lerneinheit wird erneut das physikbezogene Mindset der Schüler*innen erhoben. Im Zeitraum von Februar bis Juli 2023 haben insgesamt 14 Lerngruppen von fünf verschiedenen Schulen (und vier unterschiedlichen Schulformen) der Jahrgangsstufen 7 bis 10 an der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik" teilgenommen. Durch das Studiendesign mit Prä-Test, Intervention und Post-Test mussten die Schüler*innen dreimal ihren individuellen Code eintragen, was in der Auswertung einen verlustreichen Matching-Prozess zur Folge hatte. Nach dem zusätzlichen Entfernen von Schüler*innen, die entweder den Fragebogen oder die Intervention nicht vollständig bearbeitet haben, konnten im ersten, automatisierten Matching nur N = 70 Schüler*innen gefunden werden, die alle drei Teile der Studie absolviert haben.

Vergleicht man die Mindset-Verteilung im Post-Test dieser Interventionsgruppe mit der Mindset-Verteilung im Prä-Test, ist zunächst kein Effekt der Lerneinheit auf das physikbezogene Mindset erkennbar. Während im Prä-Test 42 % der Schüler*innen ein physikbezogenes Growth Mindset haben, sind es im Post-Test 40 %. Beim physikbezogenen Fixed Mindset scheint es sogar eine Zunahme im Zeitraum der Intervention zu geben: Während 9 % der Schüler*innen im Prä-Test dieser Gruppe zugeordnet werden, sind es in der Post-Verteilung der Interventionsgruppe 17 %. Lediglich die Gruppe „Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)“ zeigt in der Post-Verteilung einen Rückgang von vorher 18 % auf nur noch 13 %. Obwohl im aktuellen Studiendesign keine Kontrollgruppe eingeplant war, gibt es eine Gruppe von Schüler*innen, von denen zwar Daten vom Pre- und Post-Test vorliegen, jedoch kein Nachweis über die Intervention im Matching-Prozess gefunden werden konnte. Vergleicht man diese Schüler*innengruppe (N = 57) in Bezug auf die Mindset-Verteilungen in der Pre- und Post-Erhebung, zeigt sich ebenfalls bei der Gruppe „Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)“ der größte Unterschied: Während zu Beginn 18 % der Schüler*innen diesem Mindset zugeordnet werden, sind es ca. zwei Monate später, in denen die Schüler*innen nur regulär den Physikunterricht besucht haben, 26 %. Bei den physikbezogenen Mindsets („Fixed Mindset (Physikbegabung)“ und „Growth Mindset“) ist die Veränderung der Verteilung in dieser Schüler*innengruppe nicht eindeutig. Wichtig ist hier die noch sehr begrenzte Aussagekraft der Daten zu berücksichtigen, da die Stichproben noch klein sind und bei der Vergleichsgruppe nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Intervention doch in Teilen oder sogar vollständig (nur ohne passenden Code) bearbeitet wurde. Schließlich sind die Mindsetverteilungen generell stark altersabhängig, während bei diesen ersten Daten jedoch Schüler*innen der verschiedenen Jahrgangsstufen aus der Sekundarstufe I zusammengenommen betrachtet werden.

Ausblick

Die ersten, rein deskriptiven Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass die Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ einen Einfluss auf das Mindset von Schüler*innen hat, insbesondere auf ihre Überzeugungen zur Intelligenz, und dass sie der der bei regulärem Physikunterricht beobachteten Veränderung der Mindset-Verteilungen entgegenwirkt. Diese Ergebnisse müssen einerseits statistisch belegt werden, andererseits ist die genauere Analyse wichtig: Gibt es Gruppen von Schüler*innen, die besonders stark von der Mindset-Intervention profitieren? Gibt es Unterschiede in den verschiedenen Klassenstufen, die an der Interventionsstudie teilgenommen haben? Im aktuellen Schuljahr (2023/2024) werden weitere Lerngruppen an der Intervention teilnehmen, so dass sich die Datenmenge erhöht und mit der Zeit bessere Aussagen möglich sind.

Literatur

Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. Child Development, 78(1), 246–263. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x

Burnette, J. L., Billingsley, J., Banks, G. C., Knouse, L. E., Hoyt, C. L., Pollack, J. M., & Simon, S. (2022). A systematic review and meta-analysis of growth mindset interventions: For whom, how, and why might such interventions work? Psychological Bulletin. https://doi.org/10.1037/bul0000368

Dweck, C. S. (2000). Self-theories: Their role in motivation, personality, and development. Taylor & Francis.

Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A View From Two Eras. Perspectives on Psychological Science, 14(3), 481–496. https://doi.org/10.1177/1745691618804166

Goldhorn, L., Wilhelm, T., Spatz, V., & Rehberg, J. (2020). Fixed und Growth Mindset: Selbstbilder von Schüler*innen in Physik. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG- Frühjahrstagung, 1, 187-191.

Goldhorn, L., Wilhelm, T., & Spatz, V. (2021). Das physikbezogene Growth Mindset bei Schüler*innen fördern. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1120

Goldhorn, L., Wilhelm, T., & Spatz, V. (2022a). Mindsets in Physik nach einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen. Habig, S. (Hrsg.). Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Gesellschaft Für Didaktik Der Chemie Und Physik, Jahrestagung 2021.

Goldhorn, L., Wilhelm, T. & Spatz, V (2022a). Domain-specific theories of intelligence: how students' mindsets in physics change without interventions. In G.S. Carvalho, A.S. Afonso & Z. Anastácio (Eds.), Fostering scientific citizenship in an uncertain world (Proceedings of ESERA 2021), pp. 161-167. Braga: CIEC, University of Minho. ISBN 978-972-8952-82-2

Higgins, E. T., & Rholes, W. S. (1978). "Saying is believing": Effects of message modification on memory and liking for the person described. *Journal of Experimental Social Psychology, 14*(4), 363–378. https://doi.org/10.1016/0022-1031(78)90032-X

MindsetWorks (2002-2014). Brainology. https://www.mindsetworks.com/

Mueller, C. M., & Dweck, C. S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. Journal of Personality and Social Psychology, 75(1), 33–52. https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.1.33

Rosenzweig, M. R., Krech, D., Bennett, E. L., & Diamond, M. C. (1962). Effects of environ-mental complexity and training on brain chem-istry and anatomy: A replication and extension. Journal of Comparative and Physiological Psy-chology, 55(4), 429–437. https://doi.org/10.1037/h0041137

Yeager, D. S., Romero, C., Paunesku, D., Hulleman, C. S., Schneider, B., Hinojosa, C., Lee, H. Y., O'Brien, J., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Greene, D., Walton, G. M., & Dweck, C. S. (2016). Using design thinking to improve psychological interventions: The case of the growth mindset during the transition to high school. Journal of Educational Psychology, 108(3), 374–391. https://doi.org/10.1037/edu0000098

Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., Tipton, E., Schneider, B., Hulleman, C. S., Hinojosa, C. P., Paunesku, D., Romero, C., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Iachan, R., Buontempo, J., Yang, S. M., Carvalho, C. M., … Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. Nature, 573(7774), 364–369.

Zeeb, H., Ostertag, J., & Renkl, A. (2020). Towards a Growth Mindset Culture in the Classroom: Implementation of a Lesson-Integrated Mindset Training. Education Research International, 2020, 1-13. https://doi.org/10.1155/2020/8067619

Bernadette Schorn[1] [1]Europa-Universität Flensburg

Konzeptionelles Verständnis von Studierenden zum elektrischen Stromkreis

Einleitung

In den Studien zu Lernendenvorstellungen zum elektrischen Stromkreis zeigen sich bei Schüler:innen sowohl national als auch international eine Reihe von Lernendenvorstellungen und Lernschwierigkeiten. Eine weit verbreitete Vorstellung ist, dass elektrischer Strom verbraucht wird, aber auch „Als-ob-Vorstellungen" (Schecker & Duit, 2018, S. 9) wie z. B. dass die elektrische Spannung eine Eigenschaft des elektrischen Stroms ist oder eine Batterie eine konstante Stromquelle darstellt oder die sogenannte sequenzielle Betrachtung von elektrischen Stromkreisen bestimmen häufig das Denken der Schüler:innen (Wilhelm & Hopf, 2018). Diese physikalisch nicht adäquaten Vorstellungen lassen sich u. a. ebenfalls bei Studierenden des Grundschullehramts feststellen (Baser, 2006; Fromme, 2018; Lin, 2017). Mit dem Ziel, das Verständnis von Sachunterrichtsstudierenden (im Folgenden SU-Studierende) zu grundlegenden Konzepten des elektrischen Stromkreises und mögliche Veränderungen im Laufe des Lehramtsstudiums zu untersuchen, wurden an der Europa-Universität Flensburg bisher in drei Semestern Befragungen mit Studierenden des Grundschullehramts durchgeführt. Die Analyse der Ergebnisse dient dazu, u. a. Aussagen zu den folgenden übergeordneten Fragestellungen zu ermöglichen:

- Lässt sich eine Veränderung des konzeptionellen Verständnisses zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises bei SU-Studierenden im Verlauf des Lehramtsstudiums feststellen?
- Lassen sich Unterschiede hinsichtlich des konzeptionellen Verständnisses zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises bei unterschiedlichen Studierendengruppen des Grundschullehramts feststellen?

Zu diesen Fragestellungen werden im Folgenden erste Ergebnisse vorgestellt.

Erhebungsinstrument und Untersuchungsdesign

Die Datenerhebung erfolgte mithilfe des 2T-SEC-Tests, einem zweistufigen Multiple-Choice-Test zum einfachen elektrischen Stromkreis (Ivanjek et al., 2021). Dieser Test umfasst zu den Konzepten *offene und geschlossene Stromkreise*, *Reihen- und Parallelschaltungen*, *elektrische Stromstärke*, *elektrischer Widerstand* und *elektrische Spannung* insgesamt 25 zweistufige Items, die aus einer inhaltlichen Fragestellung (erste Stufe) und einer Begründung zu der in der ersten Stufe gewählten Antwortvorgabe (zweite Stufe) bestehen. Im Hinblick auf die übergeordneten Fragestellungen wurden Erhebungen mit Studierenden des Grundschullehramts zu unterschiedlichen Zeitpunkten sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudium durchgeführt (siehe *Tab. 1*). Für das 1. FS im B.A. Bildungswissenschaften liegen Daten sowohl zu Beginn als auch am Ende des Semesters (für die Ergebnisse der Interventionsstudie siehe Schorn et al., 2023) und für die weiteren Erhebungszeitpunkte jeweils Daten am Ende des Semesters vor. Bei den Proband:innen im Bachelorstudiengang handelt es sich um SU-Studierende entweder im Teilstudiengang *Sachunterricht mit naturwissenschaftlicher Ausrichtung* (B.A.-NaWi) oder im Teilstudiengang *Sachunterricht mit gesellschaftlicher Ausrichtung* (B.A.-GeWi). Bei den Proband:innen im Masterstudiengang handelt es sich um Studie-

Tab. 1: Erhebungszeitpunkte (FS: Fachsemester; SU: Sachunterricht; NaWi: Teilstudiengang SU mit naturwissenschaftlicher Ausrichtung; GeWi: Teilstudiengang SU mit gesellschaftswissenschaftlicher Ausrichtung)

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="6">B.A. Bildungswissenschaften</td><td colspan="2">M.Ed. Lehramt an Grundschulen</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. FS (pre)</td><td colspan="2">1. FS (post)</td><td colspan="2">6. FS</td><td>2. FS</td><td>4. FS</td></tr>
<tr><td>Teilstudi-engang</td><td rowspan="2">SU</td><td>NaWi</td><td rowspan="2">SU</td><td>NaWi</td><td rowspan="2">SU</td><td>NaWi</td><td>SU</td><td>SU</td></tr>
<tr><td></td><td>GeWi</td><td></td><td>GeWi</td><td></td><td>GeWi</td><td>kein SU</td><td>kein SU</td></tr>
</table>

rende des Grundschullehramts entweder im Teilstudiengang *Sachunterricht* (M.Ed.-SU) oder mit Unterrichtsfächern ausgenommen dem Unterrichtsfach Sachunterricht (M.Ed.-kein SU). Während für die Studierenden in den Teilstudiengängen B.A.-GeWi und M.Ed.-kein SU keine Module mit Inhalten zur Physik bzw. Elektrizitätslehre vorgesehen sind, sind in den Modulen für die Studierenden in den Teilstudiengängen B.A.-NaWi bzw. M.Ed.-SU Inhalte zur Physik bzw. Elektrizitätslehre enthalten.

Ergebnisse

Auf der Grundlage des Paired-Scoring-Modells[1] ergeben sich zu den einzelnen Messzeitpunkten im Verlauf des Bachelorstudiums bzw. im Verlauf des Masterstudiums die in der *Abb. 1* bzw. *Abb. 2* dargestellten mittleren erreichten Gesamtpunktzahlen in Prozent für das Konzept *offene und geschlossene Stromkreise* bzw. *elektrische Spannung*.

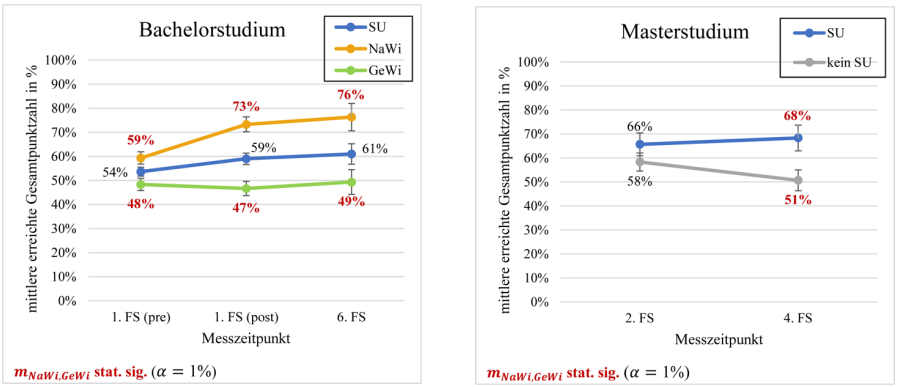


Abb. 1: Konzept offene und geschlossene Stromkreise

Im Hinblick auf das Konzept *offene und geschlossene Stromkreise* lässt sich feststellen, dass die B.A.-NaWi-Studierenden ($N_{1.FS(pre)} = 103$, $N_{1.FS(post)} = 74$, $N_{6.FS} = 21$) zu allen Erhebungszeitpunkten eine höhere mittlere Gesamtpunktzahl erreichen als die B.A.-GeWi-Studierenden ($N_{1.FS(pre)} = 115$, $N_{1.FS(post)} = 85$, $N_{6.FS} = 27$) und die Mittelwertunterschiede zu allen Erhebungs-

[1] Paired-Scoring-Modell: Die Antworten zu den zweistufigen Multiple-Choice-Aufgaben werden als richtig und mit einem Punkt bewertet, wenn sowohl die richtige Antwort auf der ersten Stufe als auch die richtige Begründung auf der zweiten Stufe ausgewählt werden, andernfalls werden die Antworten mit null Punkten bewertet (siehe Ivanjek et al., 2021).

zeitpunkten statistisch signifikant sind[2]. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass die M.Ed.-SU-Studierenden ($N_{2.FS} = 31$, $N_{6.FS} = 21$) zu beiden Erhebungszeitpunkten eine höhere mittlere Gesamtpunktzahl erreichen als die M.Ed.-kein SU-Studierenden ($N_{2.FS} = 48$, $N_{6.FS} = 31$) und der Mittelwertunterschied am Ende des 4. FS statistisch signifikant ist.
Bezüglich des Konzepts *elektrische Spannung* lässt sich feststellen, dass die B.A.-NaWi-Studierenden am Ende des 1. FS und am Ende des 6. FS eine höhere mittlere Gesamtpunktzahl erreichen als die B.A.-GeWi-Studierenden und diese beiden Mittelwertunterschiede statistisch signifikant sind. Zudem zeigt sich, dass die M.Ed.-SU-Studierenden zu beiden Erhebungszeitpunkten eine höhere mittlere Gesamtpunktzahl erreichen als die M.Ed.-kein SU-Studierenden, diese Mittelwertunterschiede sind statistisch nicht signifikant.

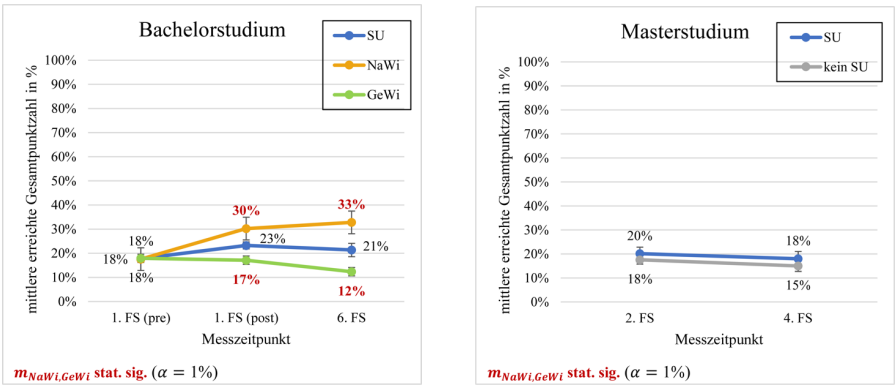


Abb. 2: Konzept elektrische Spannung

Fazit

Insgesamt zeigen die Analysen der derzeit vorliegenden Ergebnisse, dass das konzeptionelle Verständnis zu den fünf erhobenen grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises bei SU-Studierenden zu den betrachteten Zeitpunkten während des Lehramtsstudiums im Allgemeinen nicht zufriedenstellend ist. Es lassen sich zu allen erhobenen Konzepten Schwierigkeiten, zum Teil sogar erhebliche Schwierigkeiten bezüglich des konzeptionellen Verständnisses feststellen. Zudem können zu den übergeordneten Fragestellungen die folgenden ersten Aussagen getroffen werden:

- Es lässt sich eine Veränderung des konzeptionellen Verständnisses zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises bei SU-Studierenden im Verlauf des Lehramtsstudiums feststellen. Dies bedeutet aber nicht zwingend eine Zunahme bezüglich des Studienanfangs und Studienendes.
- Es lassen sich bei den folgenden Studierendengruppen des Grundschullehramts Unterschiede hinsichtlich des konzeptionellen Verständnisses zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises feststellen: B.A.-NaWi-Studierende im Vergleich zu B.A.-GeWi-Studierende sowie M.Ed.-SU-Studierende im Vergleich zu M.Ed.-kein SU-Studierende.

[2] Da zu den einzelnen Erhebungszeitpunkten für die einzelnen Konzepte jeweils ein t-Test zur Untersuchung der Mittelwertunterschiede durchgeführt wurde und davon auszugehen ist, dass die einzelnen Konzepte miteinander in Zusammenhang stehen, wurde wegen der α-Fehlerinflation eine Bonferroni-Korrektur bezüglich des Signifikanzniveaus durchgeführt. Daraus ergibt sich ein adjustiertes Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}01$.

Literatur

Baser, M. (2006): Effects of Conceptual Change and Traditional Confirmatory Simulations on Pre-Service Teachers' Understanding of Direct Current Circuits. In: Journal of Science Education and Technology, 15 (5), 367–381.

Fromme, B. (2018): Fehlvorstellungen bei Studienanfängern: Was bleibt vom Physikunterricht der Sekundarstufe I? In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Würzburg 2018.

Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhöfer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2021): Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. In: Physical Review Physics Education Research, 17 (2).

Lin, J.-W. (2017): A Comparison of Experienced and Preservice Elementary School Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge about Electric Circuits. In: Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education, 13 (3), 835–856.

Schecker, H. & Duit, R. (2018): Schülervorstellungen und Physiklernen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Spektrum, 1–22.

Schorn, B., Ablaß, M. & Voigt, A. (2023): Vorstellungen von Studierenden zum elektrischen Stromkreis. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Hannover 2023, S. 233–240.

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2018): Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Spektrum, 115–138.

Stefanie Peter[1]
Olaf Krey[1]

[1]Universität Augsburg

Erprobung einer Eye-Tracking-Studie zu visuellen Strategien im Umgang mit Schaltplänen

Schaltpläne sind eine grundlegende Repräsentation in der Elektrizitätslehre. Anders als z. B. Liniendiagramme, die in verschiedenen inhaltlichen Domänen verwendet werden, sind Schaltpläne eine spezifische Darstellung für den Bereich der Elektrizitätslehre, weshalb das *representational dilemma* (Rau, 2017) hier insbesondere zum Tragen kommt. In der Erprobung unserer Eye-Tracking-Studie wurde die visuelle Aufmerksamkeit von Lernenden erfasst, während sie Aufgaben zu elektrischen Stromkreisen bearbeiteten. Die Studie will klären, welche Strategien die Lernende beim Umgang mit Schaltplänen nutzen, und welche Rolle dabei das domänen- und darstellungsspezifische Vorwissen spielen.

Hintergrund

Zahlreiche Lernendenvorstellungen zeigen, dass die Vermittlung und das Lernen von Konzepten der Elektrizitätslehre eine große Herausforderung darstellen (Wilhelm & Hopf, 2018). Einige Lernschwierigkeiten stehen dabei im direkten Zusammenhang mit Schaltplänen. So fällt Lernenden die Translation zwischen Schaltplan und realem Stromkreis schwer, insbesondere, wenn diese sich in ihrem räumlichen Erscheinungsbild unterscheiden, und sie haben Schwierigkeiten zwischen Reihen- und Parallelschaltungen zu unterscheiden (McDermott, 1992). Aber nicht nur diese konkreten Lernschwierigkeiten weisen auf ein Problem mit der Repräsentation von Stromkreisen hin. Auch grundlegende Lernendenvorstellungen wie das *lokale Denken* und die *sequenzielle Argumentation* (Wilhelm & Hopf, 2018) können im Zusammenhang mit dem Lesen und Interpretieren von Schaltplänen stehen. Beide Denkweisen wirken intuitiv, wenn der Schaltplan in Stromrichtung „gelesen" wird. Eine systematische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Schaltplan und der Argumentationsweise liegt bisher noch nicht vor.

Aus kognitionspsychologischer Sicht bietet die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* eine Grundlage für die Betrachtung der kognitiven Prozesse bei der Verarbeitung von externen Repräsentationen (Mayer, 2014). Diesen Ansatz führt Gegenfurtner (2020) weiter und beschreibt mit der *Cognitive Theory of Visual Expertise* (CTVE) die kognitiven Prozesse, die mit erweitertem Vorwissen einhergehen. Dazu gehören das wissensbasierte Wahrnehmen, die Erweiterung des visuellen Registers um die parafoveale Verarbeitung, das Nutzen visueller Praktiken und die metakognitive Überprüfung der einzelnen Verarbeitungsprozesse (Gegenfurtner et al., 2022). Das domänenspezifische Vorwissen, das nach der CTVE für die wissensgeleitete Verarbeitung benötigt wird, liegt als deklaratives Wissen, prozedurales Wissen und als metakognitives Wissen vor (Gegenfurtner et al., 2022). Dabei handelt es sich um Wissenskomponenten, die sich nicht grundsätzlich auf Auseinandersetzung mit Repräsentationen beziehen. Erlebach und Frank (2022) hingegen leiten aus dem *Integrierten Modell des Text- und Bildverstehens* nach Schnotz (2014) das für die jeweiligen Top-Down-Prozesse benötigte Vorwissen ab und unterscheiden zwischen Inhaltsvorwissen und Repräsentationsvorwissen. Letzteres wird in deklaratives, strategisches und prozedurales Repräsentationswissen unterteilt (Erlebach & Frank, 2022).

Studiendesign und Stichprobe

Mit unserer Studie wollen wir den folgenden Fragen nachgehen:

- Inwiefern können aus der visuellen Aufmerksamkeit von Lernenden beim Lösen von Aufgaben aus der E-Lehre Strategien im Umgang mit Schaltplänen rekonstruiert werden?
- Welchen Einfluss hat das Vorwissen auf die Strategien im Umgang mit Schaltplänen?

Um diese Fragen zu beantworten wurde ein Fragebogen konzipiert, der das Bereichsspezifische Inhaltsvorwissen über Gesetzmäßigkeiten zu physikalischen Größen in Reihen- und Parallelschaltungen und das deklarative Repräsentationswissen über Schaltsymbole und die Darstellung von Reihen- und Parallelschaltungen erhebt. Als Teil des prozeduralen Repräsentationswissens werden die perzeptuellen Fähigkeiten beim Erkennen äquivalenter Schaltpläne in Multiple-Choice-Aufgaben untersucht. Die Strategien zum Umgang mit den Schaltplänen werden aus der visuellen Aufmerksamkeit beim Lösen von insgesamt 11 qualitativen offenen Aufgaben zu elektrischen Stromkreisen rekonstruiert. Hierfür wurden die Aufgaben auf einem Computerbildschirm präsentiert und die visuelle Aufmerksamkeit mit einem stationärem Eye-Tracking-System aufgenommen. Nach Einschätzung ihrer selbst wahrgenommenen Antwortsicherheit beantworteten die Teilnehmenden die Aufgaben mündlich. Insgesamt haben an der Erhebung 16 Personen teilgenommen (9 weiblich). Für die Rekonstruktion der Strategien stellen wir drei Fälle vor, die in Tabelle 1 beschrieben werden. Außerdem zeigen wir hier die Bearbeitung einer Aufgabe, deren Schaltplan in Abb. 1 dargestellt ist. Dabei werden die Probanden aufgefordert zu erläutern, welchen Einfluss es auf die Helligkeit der Lampe hat, wenn der Widerstand R_2 verdoppelt wird.

Tabelle 1: Kurzbeschreibung der vier ausgewählten Fälle (LA= Lehramtsstudium).

P1	Längster Erfahrungszeitraum E-Lehre, mehrjährigen Arbeit als Lehrkraft
P2	Max. Leistung offene qualitative Aufgaben LA Physik Gymnasium, 4. FS
P3	Lernendenvorstellung *sequenzielle Argumentation,* LA Physik Gymnasium, 2. FS

Ausgewählte Ergebnisse

Für jeden Schaltplan wurden *Areas of Interest* (AOI) definiert, die die Komponenten des Schalplans umfassen. Für die AOI werden die Fixationsdauern berechnet (Tobii I-VT Fixationsfilter (Tobii Pro AB, 2014)). Die Gesamtfixationsdauern der AOI sind in Abb. 1 dargestellt. Die hier ausgewertete Aufgabe haben P1 und P2 richtig gelöst.

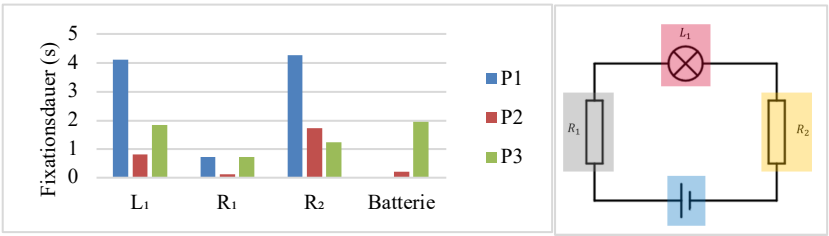


Abb. 1: Links: Gesamtbetrachtungsdauer der AOI für die Teilnehmenden P1, P2 und P3. Rechts: Schaltplan der Aufgabe und Definition der AOI

Bei der Betrachtung der Gesamtfixationsdauern in Abb. 1 fällt auf, dass P1 eine deutlich höhere Fixationsdauer auf R_2 und L_1 aufweist. Dies zeigt sich ebenfalls in der zeitlichen Auflösung (Abb. 2). Dabei fällt auf, dass P1 lange Zeit am Stück auf den beiden Komponenten R_2 und L_1 verharrt und nicht besonders viele Wechsel zwischen den AOI aufweist. Ein anderes Vorgehen zeigt P2. Hier sind insgesamt kürzere Fixationsdauern der AOI zu

verzeichnen. Zudem wechselt P2 häufiger zwischen den Komponenten. Bei der Analyse der Antworten kann eine zu den visuellen Daten passende Begründung gefunden werden. Während P2 eher global über den Gesamtwiderstand und die Auswirkung auf die Stromstärke argumentiert, begründet P1 seine Antwort mit der Veränderung der lokalen Spannungen an R_2 und L_1. Die hohen Fixationsdauern von P1 deuten dabei auf einen höheren kognitiven Aufwand bei der Bestimmung der Spannungsänderungen hin. Ein wiederum anderes Vorgehen ist bei P3 zu finden, welche keine Veränderung der Helligkeit der Lampe vermutet, da der Widerstand R_2 „im Schaltkreis erst nach der Lampe auftritt“ (sequenzielle Argumentation). P3 weist ebenfalls häufige Wechsel bei der Betrachtung der AOI auf. Hinzu kommt eine hohe Fixationsdauer der Batterie (Abb.1). Dies passt zur sequenziellen Argumentation, da anhand der Batterie die Stromrichtung bestimmt werden kann, die für eine sequenzielle Argumentation benötigt wird. P3 zeigt auch bei weiteren Aufgaben diese hohen Betrachtungsdauern auf der Batterie.

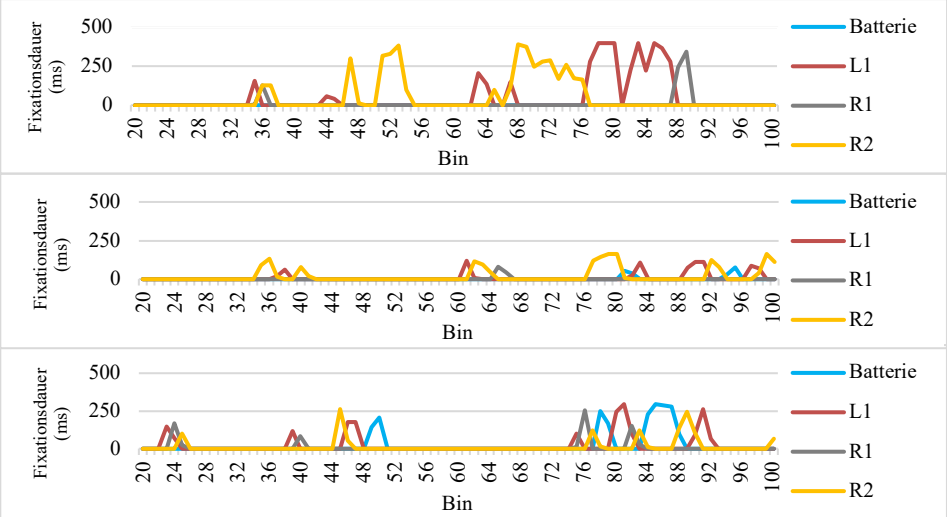


Abb. 2: Fixationsdauern der AOI aufgetragen über die Bearbeitungszeit, die in 100 Bins unterteilt wurde für P1 (oben), P2 (Mitte) und P3 (unten) (Beschränkung auf relevanten Bereich Bin 20 bis 100).

Ausblick

Die ersten Analysen der Daten zeigen Unterschiede im visuellen Verhalten der Teilnehmenden. Zusammen mit den Aufgabenantworten werden bereits erste Unterschiede in den Strategien erkennbar. Erste Zusammenhänge zwischen visueller Strategie und Lernendenvorstellungen konnten ebenfalls gefunden werden. Mit der Analyse der weiteren Aufgaben werde die Strategien noch weiter ausgearbeitet. Durch die Pilotierung konnten aus dem Aufgabenpool ungeeignete Aufgaben ausgeschlossen oder verändert werden, um eine bessere Passung zur Methode zu gewährleisten. Die bisherigen Analysen zeigen aber auch, dass für die Haupterhebung eine Ausweitung Erklärungen und Begründungen wünschenswert wäre, um einen noch genaueren Einblick in die Vorstellungen der Lernenden zu erhalten. Hierfür wäre auch ein retrospektives lautes Denken mit der Zuhilfenahme von Gazeplots vorstellbar.

Literatur

Erlebach, R., & Frank, C. (2022). Rolle des Vorwissens beim Lernen mit externalen Repräsentationen. Unterrichtswissenschaft, 50(3), 479-516. https://doi.org/10.1007/s42010-022-00143-0

Gegenfurtner, A. (2020). Professional vision and visual expertise. University of Regensburg.

Gegenfurtner, A., Gruber, H., Holzberger, D., Keskin, Ö., Lehtinen, E., Seidel, T., Stürmer, K., & Säljö, R. (2022). Towards a Cognitive Theory of Visual Expertise: Methods of Inquiry. In C. Damşa, A. Rajala, G. Ritella, & J. Brouwer (Eds.), Re-theorizing learning and research methods in learning research.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2 ed., pp. 43-71). Cambridge University Press.

McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. American Journal of Physics, 60(11), 994-1003.

Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. Educational Psychology Review, 29(4), 717-761.

Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2 ed., pp. 72-103). Cambridge University Press. https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9781139547369.006

Tobii Pro AB (2014). Tobii Pro Lab (Version 1.217) [Computer software]. Danderyd, Sweden: Tobii Pro AB.

Wilhelm, T., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (pp. 115-138). Springer Berlin Heidelberg.

Annabel Pauly[1] [1]Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Sketchnotes zur Förderung der Visual Literacy im Lehr-Lern-Kontext Chemie

Visualisierungen sind ein wichtiger Teil der naturwissenschaftlichen Praxis und somit auch ein zentrales Element in der naturwissenschaftlichen Bildung. Im Lehr-Lern-Kontext Chemie existieren eine Vielfalt von Visualisierungen. Zum einen werden statische Formate wie Fotos, Schemazeichnungen, Diagramme o.ä. und zum anderen immer häufiger auch dynamische Formate wie Videos, Animationen oder Simulationen genutzt (Wlotzka & Sieve, 2020). Beim Einsatz solcher visuellen Botschaften müssen verschiedene Aspekte wie visuelle Sprache und Wahrnehmung, visuelles Denken und Lernen sowie visuelle Kommunikation in den Blick genommen werden (Pettersson, 2013). Visuelle Botschaften erkennen und dann auch zu verstehen, zu interpretieren und darüber zu kommunizieren, ist eine Fertigkeit, die erlernt werden muss. Man spricht in diesem Kontext vom Konzept der *Visual Literacy*. Ein weiterer Bestandteil, der zur Visual Literacy gefasst wird, ist das Produzieren von visuellen Botschaften (vgl. bspw. Hoang, 2008). Im Lehr-Lern-Kontext der Naturwissenschaften wird der Fokus jedoch vor allem auf das Verstehen, Erkennen, Verwenden und Interpretieren von visuellen Botschaften gelegt. Lehrende nutzen oftmals Visualisierungen, um inhaltliche Aspekte zu veranschaulichen aber Lehrende wie auch Lernenden produzieren diese selten selbst (Heideman et al., 2017; Ainsworth & Prain & Tytler, 2011). Dabei gibt es wichtige Gründe für das Zeichnen in der naturwissenschaftlichen Bildung wie beispielsweise, dass Zeichnen als eine Lernstrategie genutzt werden kann (Ainsworth & Prain & Tytler, 2011). Es wird von Ainsworth, Prain und Tytler (2011) gefordert, das Zeichnen als Schlüsselelement neben dem Schreiben, Lesen und Kommunizieren in der naturwissenschaftlichen Bildung zu etablieren. Wenn das Zeichnen stattfindet, dann ist es selten, dass dies systematisch passiert und die Fertigkeit der Produktion visueller Botschaften kontinuierlich ausgebaut wird (Ainsworth & Prain & Tytler, 2011). An diesem Punkt der systematischen Einführung muss jedoch angesetzt werden, um die Visual Literacy und deren Vermittlung im Lehr-Lern-Kontext Chemie zu stärken. Um das Erstellen visueller Botschaften im Chemieunterricht zu etablieren, müssen auch die Lehrenden stärker in den Prozess miteingebunden werden.
Sketchnotes können eine Möglichkeit darstellen, um die Visual Literacy von Lernenden im naturwissenschaftlichen Kontext zu fördern, da sie durch ihre Struktur, die bildgebenden Elemente wie Container, Pfeile o.ä. systematisch gelehrt und gelernt sowie auf verschiedene inhaltliche Kontexte angewendet werden können. Empirische Forschungen, die sich mit dem Einsatz von Sketchnotes im Lehr-Lern-Kontext der Naturwissenschaften beschäftigen, setzten den Fokus vor allem auf die Wahrnehmung dieser Aktivitäten von Lernenden (z. B. Tidy, Burnham & Elkington, 2022; Bratash, Riekhakaynen & Petrova, 2020; Gansemer-Topf et al., 2021) oder untersuchen den Mehrwert von Sketchnotes (z. B. Vovk, Koikova & Nikeitseva, 2022; Csachová & Kidonová, 2021). Weniger stark steht die kriteriengeleitete, systematische Einführung von Sketchnotes und deren Einfluss auf die Visual Literacy von Lehrenden wie Lernenden im Fokus.

Forschungsvorhaben
Im Forschungsvorhaben soll untersucht werden, welchen Einfluss das (regelmäßige) Erstellen von Sketchnotes auf die Visual Literacy von (angehenden) Chemielehrkräften und Lernenden

im Lehr-Lern-Kontext Chemie hat. Dazu wird das Vorhaben in zwei Teilstudien aufgeteilt: In einer ersten Vorstudie wird die Einführung von Sketchnotes mit dem Fokus des Einflusses von Übungen, Symbolbibliotheken und eines kriteriengeleiteten Feedbacks in einem qualitativen Setting untersucht. In der Hauptstudie werden die Erkenntnisse aus der vorangegangenen Studie genutzt, um Sketchnotes systematisch einzuführen. Auf dieser Grundlage kann dann der Einfluss von Sketchnotes auf die Visual Literacy von angehenden Lehrenden und Lernenden im Lehr-Lern-Kontext Chemie untersucht werden. Im Folgenden werden erste Ergebnisse aus der Vorstudie vorgestellt, die sich aus den folgenden Forschungsfragen ergeben: (F1) Wie entwickeln sich die Sketchnotes von angehenden Chemielehrkräften über einen definierten Zeitraum? (F2) Welchen Einfluss haben eine Einführung, vorbereitende Sketchnoting-Übungen sowie ein kriteriengeleitetes persönliches Feedback auf die Sketchnotes? (F3) Welche Einsatzmöglichkeiten sehen die angehenden Chemielehrkräfte für Sketchnotes?

Untersuchungsdesign und -methodik

Die Studie wurde in einem Fachdidaktikseminar Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz im Sommersemester 2023 durchgeführt. Die Teilnehmenden der Studie waren 24 Lehramtsstudierenden Chemie im dritten Fachsemester des Bachelor of Education. Es handelt sich bei dem Studiendesign um eine qualitative Längsschnittstudie (ergänzt durch einen Begleitfragebogen), die über einen Zeitraum von acht Wochen durchgeführt wurde. Zunächst erhielten die Studierenden eine Einführung ins Sketchnoting, an die eine Übungsphase angeknüpft wurde. Die eigentliche Sketchnote wurde dann im Seminarkontext zu einem Kurzvortrag erstellt. In der Woche vor dem Kurzvortrag erhielten die Studierenden einen fachlichen Input zum Vortragsthema wie auch eine darauf abgestimmte Sketchnoting-Übung, in der Zeichenanleitungen für ausgewählte, passende Symbole gegeben wurden (vgl. Gansemer-Topf et al., 2021). Die in der Sketchnoting-Übung verwendete Symbolbibliothek wurde den Studierenden zum Erstellen der Sketchnotes zur Verfügung gestellt. Im Anschluss daran wurde die Sketchnote ausgewertet und ein schriftliches Feedback für jede Sketchnote erstellt und den jeweiligen Studierenden zur Verfügung gestellt. Dieses Vorgehen wurde insgesamt drei Mal mit unterschiedlichen Vortragsthemen durchgeführt. Die Auswertung der Sketchnotes fand mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) statt. Die Sketchnotes wurden zunächst mithilfe eines deduktiv aus der Literatur abgeleiteten Kodierleitfadens kodiert, um so die fachlichen Aspekte sowie die Strukturelemente der Sketchnotes zu erfassen. In einem weiteren Schritt wurden induktiv weitere Kategorien gebildet, die vor allem die individuellen Merkmale der Sketchnotes und deren Veränderungen in den Blick nehmen. Die theoriegeleitete Strukturierung wurde mit der Zusammenfassung der induktiven Kategorien ergänzt (Mayring, 2014).

Erste Ergebnisse

Für die Sketchnotes wurden zum einen fachliche Aspekte untersucht, die auf die Nutzung von Fachbegriffen, die inhaltliche Vollständigkeit, die Fehlerfreiheit aber auch die Kernaussagen der Sketchnotes sowie die möglicherweise vorhandenen alternativen Vorstellungen und den Einsatz der Fachsprache in den Blick nahmen. Auf struktureller Ebene wurden die verwendeten Textbausteine, der Einsatz von Symbolen (inhaltlich, zur Verzierung), Farben und strukturgebenden Elementen sowie der Aufbau der Sketchnote untersucht. Es zeigte sich, dass schon nach dem Anfertigen von drei Sketchnotes eine deutliche Veränderung in den visuellen Notizen zu erkennen ist. Der Aufbau der Sketchnotes wurde klarer und folgte einer

erkennbaren Struktur. Die Symbole wurden weniger häufig zur Verzierung, sondern eher mit einem inhaltlichen Nutzen eingesetzt. Das Layout wurde variabler gestaltet und auf der Ebene der fachlichen Aspekte nahm die inhaltliche Tiefe zu.
In Bezug auf (F2) wurde bislang vor allem die Studierendenbefragung ausgewertet. Insgesamt 21 Studierende (87,5 %) führten jede Sketchnoting-Übung durch. Die restlichen Studierenden nahmen mindestens an einer der drei Übungen teil. Insgesamt wurden die vorbereitenden Übungen von 79,2 % der Probanden als hilfreich (n=10) bzw. eher hilfreich (n=9) eingeschätzt. Fünf Studierende sahen die Übungen als weniger hilfreich an. Die daraus hervorgehende Symbolbibliothek wurde von 87,5 % der Teilnehmenden während der Sketchnote-Übung genutzt (n=14) bzw. eher genutzt (n=7). Drei Studierende verwendeten die Symbolbibliothek nur selten. Alle Studierenden sahen die eingesetzte, themenbezogene Symbolbibliothek als ein hilfreiches Instrument für das Anfertigen eigener Sketchnotes an. Als Verbesserungsvorschlag wurde von den Studierenden genannt, dass in die Sketchnoting-Übungen neben der Zeichenübung von vorgegebenen Symbolen auch eine freie Übung eingebaut werden sollte. Hier wurde gewünscht, dass zu vorgegebenen themenbezogenen Begriffen eigene Symbole erstellt werden und dann die Ergebnisse mit den anderen Teilnehmenden geteilt werden sollten. Prinzipiell wurden mehr Beispiele aus der Peer Group gewünscht, um verschiedene Stile und Umsetzungen zu einem Thema zu erhalten. Bei der Frage nach dem Feedback sehen die Einschätzungen aus der Studierendenbefragung weniger eindeutig aus. 70,8 % (n=19) der Probanden gaben an, das Feedback zu den Sketchnotes immer gelesen zu haben. 14 dieser Studierenden setzten das Feedback in der folgenden Sketchnote nach eigenen Angaben um (n=4) bzw. teilweise um (n=10).
Die Ergebnisse der Studierendenbefragung zu (F3) zeigen, dass die angehenden Chemielehrkräfte den Einsatz von Sketchnotes vor allem im Bereich von Tafelbildern (n=18) bzw. auf Arbeitsblättern (n=15) sehen. In den freien Antworten wurden außerdem Schaubilder, Präsentationen und Erklärvideos als Einsatzgebiete für Sketchnotes genannt. Weitaus weniger häufig sahen die Studierenden die Technik als hilfreich für das Erstellen von Notizen (n=7), von Zusammenfassungen (n=11) und von Versuchsprotokollen (n=5) an.

Fazit

In der vorgestellten Studie zeigte sich in den ersten Ergebnissen, dass die Sketchnoting-Übungen wie auch die abgestimmte Symbolbibliothek gut angenommen werden (vgl. auch Gansemer-Topf et al., 2021). Die Nutzung des Feedbacks ist etwas differenzierter zu sehen. Hier muss vor allem die Umsetzung des Feedbacks in den Sketchnotes noch deutlicher in den Blick genommen und analysiert werden. Aufgrund der deutlich sichtbaren Veränderungen der Sketchnotes in der Längsschnittstudie ist jedoch zunächst davon auszugehen, dass das Feedback von den Studierenden zumindest teilweise realisiert wurde. Auch die Aussagen der angehenden Chemielehrkräfte in Bezug auf den Einsatzbereich von Sketchnotes sind interessant. Das Erstellen der Sketchnotes wurde allgemein als positiv beschrieben (vgl. auch Tidy, Burnham, Elkington, 2022). Die Nutzbarkeit von Sketchnotes wird vor allem als Visualisierungstechnik zur Vermittlung von Inhalten und als weniger hilfreich für den eigenen Lern- und Arbeitsprozess angesehen (vgl. auch Gansemer-Topf et al., 2021). Auf diesen Aspekt muss in der Hauptstudie ebenfalls ein Augenmerk gelegt werden. Die angehenden Lehrkräfte nehmen hier vor allem die Visualisierung von Inhalten in den Blick. Die Nutzung von Sketchnotes zur Erstellung eigener visueller Botschaften (durch die Lernenden) wird nicht in den Blick genommen (Quillin & Thomas, 2015).

Literatur

Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. Science, 333 (6046), 1096-1097

Bratash, V., Riekhakaynen, E. & Petrova, T. (2020). Creating and processing Sketchnotes: a psycholinguistic study. Procedia Computer Science, 176, S. 2930-2939

Csachová, S. & Kidonová, D. (2022). Exploring Potential of Sketchnoting as a Tool for Constructing Learner's Knowledge in Geography. European Journal of Educational Research, 11 (2), S. 1151-1159

Gansemer-Topf, A., Paepcke-Hjeltness, V., Russell, A. & Schiltz, J. (2021). "Drawing" your Own Conclusions: Sketchnoting as a Pedagogical Tool for Teaching Ecology. Innovative Higher Education, 46, S. 303-319

Heideman, P., Flores, K., Sevier, L. & Trouton, K. (2017). Effectiveness and Adoption of a Drawing-to-Learn-Study Tool fpr Recall and Problem Solving: Minute Sketches with Folded Lists. CBE - Life Sciences Education, 16 (28), 1-13

Hoang, Y.-J. (2008). Vermittlung von „Visual Literacy" durch Computeranimationen im Kunstunterricht. Berlin.

Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt.

Pettersson, r. (2013). Views on Visual Literacy. VASA Journal on Images and Culture

Quillin, K. & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based-learning in biology. CBE – Life Sciences Education, 14 (1), es2

Tidy, H., Burnham, R. & Elkington, S. (2022). Using sketchnoting as a revision aid with forensic students. Science & Justice, 62 (6), 822-826

Vovk, E., Koikova, E. & Nikeitseva, O. (2022). Development of students' visual thinking based on the use of sketchnoting techniques. SHS Web of Conferences, 141, S. 1-7

Wlotzka, P. & Sieve, B. (2020). Bilder, Grafiken & Co. Lernwirksame Visualisierungen im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 31 (176), 2-7

Jochen Scheid[1] [1]RPTU Kaiserslautern-Landau
Alexander Kauertz[1]

Erhebung von Diagrammkompetenz in Physik

Abstract
Repräsentationen und deren kognitive Verwendung sind ein zentrales Element in der naturwissenschaftlichen Bildung. Diagramme haben den Vorteil, dass ich viele Daten und deren Zusammenhänge übersichtlich darstellen lassen. Um die dazu erforderliche Diagrammkompetenz adaptiv fördern zu können, ist es nötig die Fähigkeit der Lernenden mit Diagrammen umgehen zu können, diagnostizieren zu können. In einer Pilotstudie wurden 55 selbstentwickelte Testitems zwecks Optimierung der Itemformulierung und Selektion nach Kennwerten an einer Stichprobe von insgesamt 144 Personen eingesetzt. Rückmeldungen der Probanden führten zu verständlicheren Item-Formulierungen. Die Interrater Übereinstimmung bei der Auswertung der Tests und bei der Item-Skala Zuordnung sowie die psychometrischen Werte des Tests sind akzeptabel. Die dreidimensionale Skalierbarkeit ist derzeit nur zum Teil zufriedenstellend. Eine differenzierte Untersuchung nach Subkompetenzbereichen soll durch eine Studie mit erweiterter Stichprobe ermöglicht werden.

Theoretische Rahmung

Repräsentationen sind ein zentrales Element der wissenschaftlichen Kommunikation. Es sind Fähigkeiten und Fertigkeiten im Sinne von Kompetenzen nötig, um fachliche Kommunikationsprozesse verstehen und gestalten zu können (Norris und Phillips, 2003). Wissenschaftliche Kommunikation ist ohne Repräsentationen gar nicht möglich, denn diese geschieht sowohl mit Texten oder gesprochener Sprache, als auch mittels anderer Repräsentationen wie mathematischen Formeln, Zeichnungen oder Diagrammen (Schnotz, 2002). Hierbei sind Repräsentationen oft nicht intuitiv verständlich (Ainsworth, 2006) und das Herstellen von Zusammenhängen zwischen mehreren Repräsentationen ist schwierig (Seufert, 2003). Jedoch haben solche Kombinationen von Repräsentationen viele Vorteile für das Verstehen von Sachverhalten: Verschiedene Repräsentationen wie z.B. Text oder Diagramm können bezüglich des gleichen Themas unterschiedliche (sich ergänzende) Informationen beinhalten und unterschiedlich zur Lösung von Aufgaben beitragen (Schnotz 1993; Herrmann 1993). Diagramme unterstützen hierbei die Informationsvermittlung durch Texte (Ainsworth, 1999) und haben hohes Potential für die Wissens- und Verständnisvermittlung (Roth et al, 1999), weil sie viele Informationen auf engem Raum bereitstellen. Sie erleichtern das schlussfolgernde Denken (Larkin & Simon, 1987), weil Informationen gut miteinander in Zusammenhang zu bringen sind. Daher ist es zur Erlangung eines adäquaten naturwissenschaftlichen Verständnisses notwendig, simultan mit verschiedenen Repräsentationsformen zu arbeiten (Gilbert & Treagust, 2009).
Um Diagramme gewinnbringend nutzen zu können, ist Diagrammkompetenz nötig: Es ist die Fähigkeit, Diagramme einer Situation oder eines Problems bewusst und fachgerecht einzeln oder miteinander bzw. anderen Repräsentationen verbunden nutzen zu können (verändert nach Kozma & Russell, 2005). Die Fähigkeit zu wechseln und zu übersetzen zwischen verschiedenen Repräsentationsarten ist eingeschlossen (Ainsworth, 1999). Diagrammkompetenz ist modellhaft wie folgt fassbar und besteht aus mehreren Komponenten

im Sinne von kognitiven Operationen: Identifizierung des Diagramms und Aufbau des Rahmens, Ablesen, Konstruieren und Integrieren von Diagrammen (nach Lachmayer et al., 2007). Unter Integrieren versteht man dabei das Herstellen von Zusammenhängen zwischen Diagramm und Text sowie wechselseitige Übertragung von Informationen. Dem Integrieren von Repräsentationen kommt für das wissenschaftliche Verstehen eine besonders hohe Bedeutung zu (Kozma & Russell, 2005; Scheid et al., 2017, Schnotz, 2005; Mayer, 2005). Des Weiteren haben schwierigkeitserzeugende Merkmale wie die Komplexität (Kauertz, 2008) vermutlich einen Einfluss, welche für Diagramme mit kognitionspsychologischer Basis in vier Stufen / „Ordnungen" modellierbar sein sollten (nach Schnotz, 1993, Curcio 1987, Lachmayer, 2007). Es liegen jedoch für die Modellierbarkeit von Diagrammkompetenz mit Berücksichtigung von Komplexität noch zu wenige empirische Belege vor.

Forschungsfragen

FF1: Ist die Zuordnung der Items des Diagrammkompetenzmodells zu den kognitiven Operationen und Ordnungen (Matrizenelementen) valide?
FF2: Sind die Testitems reliabel ausgewertet (betrifft die Kodierungen der beantworteten Testitems)?
FF3: Wie sind die psychometrischen Werte der Items zur Erhebung von Diagrammkompetenz?

Methode

Da das Konzept der Diagrammkompetenz breit gefasst ist, wurde aus forschungsökonomischen Gründen für die hier vorgestellte Studie über Modellierung von Diagrammkompetenz der Fokus auf die drei kognitiven Operationen Ablesen, Konstruieren und Integrieren von Diagrammen mit jeweils vier Ordnungen (Komplexitätsstufen) gelegt. Identifizieren und Konstruieren des Rahmens von Diagrammen, also des Achsenkreuzes mit Skalierung, haben viel mit Konventionen zu tun und sind für diese Studie entfallen. Es geht damit um Diagrammteilkompetenzen. Aus dem aktuellen Anlass des anthropogenen Klimawandels wurde als Themenbereich „fossile und erneuerbare" Energie gewählt. Um das Kompetenzmodell empirisch prüfen zu können, mussten zu jedem der sich ergebenden 12 Matrizenelementen (3 kognitive Operationen mit je 4 Komplexitätsstufen) Items entwickelt werden. Bezüglich der Itemanzahl musste ein Kompromiss gefunden werden aus vielen Items, welche eher zu einem präzisen Messergebnis führen, und der Testökonomie. Kurzskalen liegen beispielsweise bei 3-4 Items (Brandt & Moosbrugger, 2020, S. 52). Diese Anzahl sollte nicht unterschritten werden, daher war das Ziel, jeweils ca. 5 Items je Element zu entwickeln. FF1 und FF2 wurden mit Expertenratings mit drei bzw. zwei Ratern geprüft. Bei FF2 und FF3 wurden die Items in einer Studie mit insgesamt 144 Probanden aus Universität, Realschule und Gymnasium eingesetzt. Zur Klärung von FF3 wurden klassische Itemanalysen und konfirmatorische Faktorenanalysen verwendet.

Ergebnisse

FF1: Bezüglich der entwickelten Items ist in einer Präpilotierung Folgendes aufgefallen:

1. Die Zuordnung war z.T. anders als bei der Konstruktion der Items intendiert. Mehrere Items wurden unter Berücksichtigung des Ratings in andere, durch die Experten übereinstimmend festgestellten Matrizenpositionen verschoben.
2. Zu mehreren Matrizenelementen der Ordnungen 3 und 4 war es weniger häufig gelungen Items zu produzieren und die Itemproduktion war mit Schwierigkeiten

behaftet. Daher war nach Verschiebung von Items durch das Expertenrating die verbliebene Item Anzahl in Ordnung 3 und 4 geringer als ursprünglich geplant. Bei der Operation „Diagramm-Text Integration“ auf Komplexitätsstufe 4 war sogar gar kein Item verblieben.

In einer weiteren Pilotstudie wurden die neuen Item-Matrizenelement Zuordnungen erneut mittels eines Expertenratings untersucht. Es ergab sich in jeder der drei kognitiven Operationen eine zufriedenstellende Raterübereinstimmung mit Fleiss Kappa > .8. Alle Items konnten diesmal in den vorgesehenen Matrizenelementen verbleiben.

FF2: Die Prüfung auf Raterübereinstimung der 5% doppelkodierten Items ergab eine sehr gute Übereinstimmung mit einem Cohens‘ Kappa von .8.

FF3: Die Schwierigkeiten der besetzten Matrizenelemente lagen im akzeptablen Bereich mit $0{,}2 < M < 0{,}6$ mit Tendenz zu mittlerer bis hoher Schwierigkeit und es zeigte sich kein Boden oder Deckeneffekt. Varianzproduktion ist vorhanden. Durch die Itemverschiebungen der Präpilotierung differierte jedoch die Itemanzahl je Matrizenelement von 0 bis 15. Nur die Items der kognitiven Operation „Konstruieren“ ließen sich mit hoher Modellpassung einer Skala zuordnen, für die anderen beiden Dimensionen gab es hauptsächlich Einschränkungen bei der Chi Square Statistik; RMSEA, SRMR / CFI, und TLI Statistiken waren jedoch nahe am akzeptablen Bereich. Die jeweiligen Itemzuordnungen für die entsprechenden Dimensionen waren signifikant.

Diskussion

Zusammenfassend kann berichtet werden, dass Items zu den drei intendierten kognitiven Operationen und Komplexitätsstufen des Diagrammkompetenzmodells erfolgreich konstruierbar sind. Bei hoher Komplexität der Items ist die Schwierigkeit der Itemkonstruktion jedoch ebenfalls hoch. Eine Itemkonstruktion zur kognitiven Operation „Diagramm und Text Integrieren“ ist auf Komplexitätsstufe 4 jedoch bislang nicht möglich gewesen. Das könnte daran liegen, dass die Interpolationsaufgaben, welche charakteristisch für Ordnung 4 sind, typischerweise in Diagrammen vorkommen, aber nicht unbedingt typisch sind für Texte. Es stellt sich die Frage, ob diese Stufe für die Zielgruppe überhaupt sinnvoll konstruierbar ist. Die Schwierigkeiten der bearbeiteten Items lagen eher im höheren Bereich. Dies ist übereinstimmend mit Repräsentationskompetenz-Items aus anderen Studien (z.B. Scheid et al., 2017) und mit der theoretischen Ansicht, dass es sich bei Diagrammkompetenz analog zur Repräsentationskompetenz um eine Experteneigenschaft handelt. Dass alle Items signifikant der jeweiligen Dimension zugeordnet werden konnten, darf nur für Skalen mit guter Modellpassung interpretiert werden (hier „konstruieren“). Für die anderen Skalen („ablesen“ und „integrieren“) darf nur mit Einschränkungen rückgeschlossen werden, dass Items der entsprechenden Skala zugehörig sind.

Ausblick

Zu den bisher zu gering besetzten Matrizenelementen sollen für zukünftige Forschungsvorhaben genügend Items ergänzt werden. Die Schwierigkeiten der Itemkonstruktion kann voraussichtlich durch eine bereits erfolgte präzisere Festlegung der Itemkonstruktionsvorschriften mit exakterer Schulung der itemkonstruierenden Mitarbeitenden und mehreren Validierungsschleifen überwunden werden. Der Test soll dann mit höherer Probandenzahl und damit höherer statistischer Power erneut eingesetzt werden. Mit den gewonnen Daten wird eine erneute statistische Prüfung durchgeführt werden. Erst nach Abschluss der empirischen Prüfung des Kompetenzmodells kann es zur Bestimmung von Diagrammteilkompetenz in Physik eingesetzt werden. Das Erhebungsinstrument soll auch um ein weiteres Themengebiet ergänzt werden und die Evaluation von theoriebasierten Lehrgängen zur Förderung von Diagrammkompetenz ermöglichen.

Literatur:

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction 16*(3), 183–198

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131–152.

Brandt, H., Moosbrugger, H. (2020). Planungsaspekte und Konstruktionsphasen von Tests und Fragebogen. In: H. Moosbrugger, A. Kelava (Hrsg.) Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4_3

Curcio, F. R (1987). Comprehension of the mathematical relationships expressed in graphs. Journal for Research in Mathematics Education 18, 382-393

Gilbert, J.K., & Treagust, D. (Hrsg.). (2009). Multiple representations in chemical education. The Netherlands: Springer

Herrmann, T. (1993). Mentale Repräsentation ein erläuterungsbedürftiger Begriff. In J. Engelkamp & T. Pechmann (Hrsg.), *Mentale Repräsentation* (S. 17–30). Bern: Huber

Kauertz, 2008 Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen Band 79,* Berlin: Logos Verlag

Kozma, R.B., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. In J.K. Gilbert (ed.), Visualization in science education (S. 121–146). Dordrecht: Springer

Lachmayer, S., Nerdel, C. und Prechtl, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, *13*

Larkin, J. & Simon, H. (1987). Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. Cognitive Science, 11 (1), 65—99

Mayer, R.E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R.E.Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (S. 31–48). New York: Cambridge University Press

Norris, S.P., & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education 87*(2), 224–240

Roth, W.-M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching 36*, 977–1019

Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R. und Kuhn, J. (2017). Erhebung von repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Themenbereich Strahlenoptik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 23. DOI: 10.1007/s40573-017-0065-4. [online verfügbar: http://www.springer.com/-/1/AVy4Ka8dxwILotVFKpxL, 12.03.2020]

Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, pp. 49-70

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review 14*(1), 101–119

Schnotz, W. (1993). Wissenserwerb mit logischen Bildern. In B. Weidemann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen,* Bern: Hans Huber, S. 95-147

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. Learning and Instruction, 13, 227–237

Daniel Laumann[1]
Paul Schlummer[1]
Adrian Abazi[1]
Rasmus Borkamp[2]
Jonas Laaströer[2]
Wolfram Pernice[3]
Carsten Schuck[1]
Reinhard Schulz-Schaeffer[2]
Stefan Heusler[1]

[1]Universität Münster
[2]HAWHamburg
[3]Universität Heidelberg

Lernen mit Mixed Reality zur optischen Polarisation

Einleitung

Bereits seit Ende der 1990er Jahre finden sich Hinweise auf mögliche Anwendungen zur Nutzung von Augmented Reality (AR) in Bildungskontexten (Szalavári, Schmalstieg, Fuhrmann, & Gervautz, 1998). Ausgehend davon finden sich seit Anfang der 200er Jahre in den Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken empirische Studien zur Nutzung von AR (Zhang, Li, Huang, Feng, & Luo, 2022), die diese Technologie als besonders vielversprechend für Lehr-Lernsettings im Allgemeinen beschreiben (Dunleavy & Dede, 2014).

Forschungsstand

Das Potential von AR wird dabei mit Bezug zu unterschiedlichen Variablen untersucht und beschrieben. Zu diesen zählen zunächst affektive Variablen, wie Einstellungen oder die Motivation von Lernenden, die durch AR im Vergleich zu Lehr-Lernsettings ohne AR gemäß einer Meta-Studie mit kleiner bis mittlerer Effektstärke positiv beeinflusst werden (Hedge's $g = 0.49$; Chang et al., 2022). Ebenso finden sich Hinweise darauf, dass kognitive Variablen, wie die kognitive Belastung von Lernenden, durch AR nicht negativ, sondern teilweise ebenfalls positiv beeinflusst werden (Buchner et al., 2021). Ausgehend von diesen Erkenntnissen deutet sich an, dass die Nutzung von AR gegenüber traditionellen Medien gerade den unmittelbaren Lernerfolg, ausgedrückt durch z.B. durch den Zuwachs von Konzeptwissen, mit mittlerer Effektstärke positiv beeinflussen kann (Hedge's $g = 0.64$; Malone et al., 2023).

Während die genannten Studien und Befunde allgemein und ohne spezifischen Fachbezug gültig sind, eröffnen sich sowohl aus theoretischer wie auch aus empirischer Perspektive, besondere Chancen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ursächlich dafür ist, dass die Nutzung von AR die lehr-lernpsychologisch als förderliche angesehene hohe Kontiguität unterschiedlicher Repräsentationen (Ginns, 2006; Schroeder & Cenkci, 2018) ermöglicht, die im naturwissenschaftlichen Unterricht sonst typischerweise separiert erscheinen. So können durch AR neue Konzepte mithilfe modellbezogener Visualisierungen und realer Experimente auf natürliche Weise räumlich (und zeitlich) integriert erarbeitet werden, wo traditionelle Medien eine solche Integration nur mit besonderen Maßnahmen ermöglicht hätten. Studien zur Nutzung von AR-Anwendungen in den Naturwissenschaften deuten auf positive Effekte sowohl für affektive Variablen als auch für kognitive Variablen (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018) hin, aber untersuchen diese teilweise wenig differenziert oder in wenigen Studien. Auch in den naturwissenschaftlichen Fächern finden sich die stärksten Effekte beim Lernerfolg, der beim Lernen mit AR gegenüber dem Lernen mit traditionellen Medien deutlich positiv

beeinflusst wird (Hedge's $g = 0.74$; Xu, Su, Hu & Chen, 2022). Dabei zeigen sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den Fächern. Während in der Physik ein mittlerer positiver Effekt von AR beobachtet wird (Hedge's $g = 0.64$; Xu et al., 2022), findet sich z.B. in der Biologie kein signifikanter Vorteil von AR.
Ebenso zeigen sich unterschiedliche Ergebnisse für verschiedene Technologien zur Realisierung von AR, wie der Darstellung von AR auf Smartphones oder Tablets oder der Nutzung spezifischer AR-Headsets. Während bereits zahlreiche Studien im Fach Physik das Lernen mit AR auf Smartphones und Tablets untersuchen, findet sich aktuell lediglich eine Studie, die das Lernen in der Physik mit AR-Headsets fokussiert (Thees et al., 2020). Dies erscheint erstaunlich, da gerade in experimentellen Kontexten AR-Headsets vielversprechend erscheinen, um händische Manipulationen unabhängig von der AR auszuführen und sich dabei frei im Raum bewegen zu können.

Forschungsfragen
Die bisher vorliegenden Studien zur Nutzung von AR in den Naturwissenschaften sowie speziell in der Physik liefern nur wenige systematische Befunde zu kombinierten Untersuchungen von affektiven Merkmalen des Lernens und affektiven sowie kognitiven Variablen. Weiterhin finden sich trotz des enormen Potentials aus Praxisperspektive nahezu keine Studien für den Vergleich von AR-Headsets mit traditionellen Medien in experimentellen Lernsettings. In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, wie der Einsatz eines AR-Headsets als Teil eines physikalischen Praktikumsversuch bei Studierenden gegenüber einem klassischen Lernsetting, die Motivation zum Lernen, die kognitive Belastung beim Lernen sowie die Ausbildung von Konzeptwissen beeinflusst.

Methode
Die Studie nutzt ein quasi-experimentelles Vergleichsgruppendesign und Vergleich das Lernen in einem physikalischen Praktikumsversuch zur optischen Polarisation ergänzt durch ein AR-Headsets mit einem entsprechenden Versuch, der um inhaltlich entsprechendes gedrucktes Lernmaterial sowie ergänzende experimentelle Werkzeuge ergänzt wurde. Eine inhaltliche Beschreibung des Versuchs sowie ein Einblick in die AR-Anwendung findet sich bei Schlummer et al. (2023). Die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendigen Daten wurden über einen Konzepttest zur optischen Polarisation (19 Items, Eigenkonstruktion) vor und nach der Intervention sowie für die Motivation der Lernenden (6 Items der Subskalen „Vergnügen" und „Kompetenz" des KIM, 5-stufige Likert-Items; Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009) und deren kognitive Belastung (7 Items, 7-stufige Likert-Items; Klepsch, Schmitz, & Seufert, 2017) zu vier Zeitpunkten während des Praktikums jeweils nach inhaltlich definierten Teilversuchen erhoben. Zudem wurde die Technikaffinität der Lernenden bestimmt (TA-EG; Karrer, Glaser, Clemens, & Bruder, 2009). Insgesamt nahmen $N = 75$ Studierende an der Studie teil ($N = 39$ mit AR, $N = 36$ ohne AR). Die Studierenden bearbeiteten den Versuch in überwiegender Anzahl im vierten Fachsemester des Bachelorstudiums Physik und Lehramt Physik.

Ergebnisse & Diskussion
Die Analysen zur Motivation der Lernenden zeigen, dass die Lernenden mit AR ($M = 3.62$, $SD = 0.64$) gegenüber den Lernenden ohne AR ($M = 3.29$, $SD = 0.70$) eine größere Motivation äußern und sich in einer mixed ANOVA ein statistisch signifikanter mittlerer Effekt ergibt ($F(1,70) = 4.40$, $p = .039$, partielles $\eta^2 = 0.06$), der sich insbesondere auf das Vergnügen,

weniger auf die wahrgenommene Kompetenz zurückführen lässt. Dieses Ergebnis erscheint konsistent mit den Ergebnissen vorherigen Studien (Chang et al., 2022). Interessant ist, dass sich die wahrgenommene Kompetenz der Lernenden in beiden Gruppen nicht signifikant unterschied, was überraschend ist, wenn man bedenkt, dass nur etwa die Hälfte der Lernenden in der AR-Gruppe über vorherige Erfahrungen mit immersiven Headsets berichtete (19 von 39 Lernenden).

Die Analysen zur kognitiven Belastung der Lernenden in Form einer mixed ANOVA zeigen, dass sich diese weder insgesamt noch bei separater Analyse der extrinsischen und lernbezogenen kognitiven Belastung zwischen der Gruppe der Lernenden mit AR und der Gruppe der Lernenden ohne AR unterscheidet. Lediglich für die intrinsische kognitive Belastung findet sich ein Gruppenunterschied zwischen der AR-Gruppe ($M = 3.12$, $SD = 1.04$) und der Gruppe ohne AR ($M = 2.65$, $SD = 0.97$), der statistisch signifikant erscheint ($F(1,70) = 4.28$, $p = .042$, partielles $\eta^2 = 0.06$). Besonders überraschend erscheint jedoch der fehlende Unterschied in der extrinsischen kognitiven Belastung. Aufgrund einer breiten empirischen Basis zum räumlichen Kontiguitätseffekt (Ginns, 2006; Schroeder & Cenkci, 2018) wäre anzunehmen gewesen, dass die räumliche Integration der experimentellen Komponenten sowie der modellbezogenen Visualisierungen die extrinsische kognitive Belastung in der AR-Gruppe reduziert hätte.

Die Analysen zum Lernerfolg beider Gruppen in Form einer mixed ANOVA zeigen zunächst, dass sich in beiden Gruppen zwischen Prä- und Posttest ein statistisch signifikanter Lernzuwachs einstellt ($F(1, 70) = 24.59$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .26$). Dieser unterscheidet sich zwischen den Gruppen jedoch nicht statistisch signifikant ($F(1, 70) = 0.08$, $p = 0.781$). Sowohl allgemeine Anwendungen von AR ohne spezifischen Fachbezug (Malone et al., 2023) als auch für den speziellen Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung (Xu et al., 2022) deuten bisherige Meta-Analysen eindeutig auf positive Effekte von AR gegenüber traditionellen Lernmedien hin. Dieser positive Effekt von AR konnte bereits von Thees et al. (2020) in der bisher einzigen empirischen Studie zur Realisierung von AR durch AR-Headsets in Physik-Laborkursen nicht gefunden werden. Die vorliegenden Daten stützen die Befunde von Thees et al. (2020) und eröffnen die Frage, wie sich der spezifische Einsatz von AR-Headsets von anderen Anwendungsfeldern von AR und anderen Technologien unterscheidet.

Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse der Studie können das Potential von AR-Headsets als lernförderlicher Technologie in experimentellen Lernsettings der Physik nur sehr eingeschränkt nachweisen. Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen dabei, die Notwendigkeit systematischer Untersuchungen zur Nutzung digitaler Lerntechnologien und zeigen auf, dass die unmittelbare Übertragung von Befunden zwischen Technologien und Lernsettings nur auf Grundlage entsprechender empirischer Daten erfolgen sollte. Im Gegensatz zu den umfangreich beschriebenen Lernvorteilen von Smartphone- und Tablet-ARs, finden sich somit bislang keine empirischen Hinweise auf die Lernförderlichkeit von AR-Headsets in experimentellen Lernsettings der Physik. Bei zukünftigen Studien sollte insbesondere berücksichtigt werden, inwiefern die inhaltliche Dimension, d.h. die inhaltlichen Erfordernisse der Lernsettings in Zusammenhang zur Lernförderlichkeit bestimmter Lerntechnologien stehen.

Literatur

Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2021). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. Journal of Computer Assisted Learning, 38 (1), 285-303

Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. Computers & Education, 191, 104641

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), Handbook of Research in Educational Communications and Technology. New York: Springer, 735-745

Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. Learning and Instruction, 16 (6), 511-525

Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. Computers & Education, 123, 109-123

Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C., & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfasse – der Fragebogen TA-EG. In A. Lichtenstein, C. Stößel, & C. Clemens (Hrsg.), Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme 7. bis 9. Oktober 2009. Düsseldorf: VDI, 196-201

Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Frontiers in Psychology, 8, 1997

Malone, S., Garzón, J., & Kuhn, J. (2023). Three decades of augmented reality in education: A second-order meta-analysis and research synthesis. OSF Preprints, 4. July 2023, Accessed 27. October 2023, doi:10.31219/osf.io/amw4t

Schlummer, P., Abazi, A., Borkamp, R., Lauströer, J., Schulz-Schaeffer, R., Schuck, C., Pernice, W., Heusler, S., & Laumann, D. (2023). Seeing the unseen – enhancing and evaluating undergraduate polarization experiments with interactive Mixed-Reality technology. European Journal of Physics, 44 (6), 065701

Schroeder, N. L., & Cenkci, A. T. (2018). Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. Educational Psychology Review, 30 (3), 679-701

Szalavári, Z., Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., & Gervautz, M. (1998). „Studierstube“: An Environment for Collaboration in Augmented Reality. Virtual Reality, 3 (1), 37-48

Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in universtiy physics laboratory courses. Computers in Human Behavior, 108, 106316

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1, 31-45

Xu, W.-W., Su, C.-Y., Hu, Y., & Chen, C.-H. (2022). Exploring the Effectiveness and Moderators of Augmented Reality on Science Learning: a Meta-Analysis. Journal of Science Education and Technology, 31 (5), 621-637

Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented Reality in K-12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2020. Sustainability, 14 (15), 9725

Lilith Rüschenpöhler[1] [1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Postkoloniale Naturwissenschaftsdidaktik: Ein Review der Literatur

Für alle Bereiche des Lebens und somit auch für das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen gilt, dass für eine funktionierende demokratische Gesellschaft die Anerkennung der Pluralität konstitutiv ist (Arendt, 1958; Popper, 1945). Dies bedeutet, mit vielfältigen Perspektiven auf die Natur umzugehen, sie anzuerkennen und aber gleichzeitig auch kritisch zu diskutieren. Explizit *nicht* bedeutet dies einen Relativismus, sondern vielmehr, in offenen, kritischen Dialog zu treten (Freire, 1997). Dies ist eine der Herausforderungen, vor die uns die postkoloniale Perspektive auf die Naturwissenschaftsdidaktik stellt. Denn ein zentrales Thema dieser Forschungsrichtung ist der Umgang mit der Vielfalt an Zugängen zur Natur, die es neben der ‚westlichen'[1] Naturwissenschaft gibt bzw. gab. Ziel dieses Beitrags ist herauszuarbeiten, wie die postkoloniale Perspektive in den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule eingebracht werden kann. Vorgestellt wird eine Übersicht über die aktuelle Literatur; eine detaillierte Analyse findet sich in Rüschenpöhler (2023).

Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Lernen sind eng mit kolonialen Strukturen verbunden. Die Literatur zu post- und dekolonialer Naturwissenschaftsdidaktik bezieht sich dabei in der Regel auf die kolonialen Machtstrukturen, die durch europäische Länder ab dem 15. Jh. eingerichtet wurden (Kohn & Reddy, 2022). Diese Phase ist nicht nur historisch von Bedeutung, sondern zeigt sich bis heute, z.B. durch Hoheitsgebiete, die bis heute noch keine Selbstregierung wiedererlangt haben (Vereinte Nationen, 1946, Art. 73) sowie durch neokoloniale Strukturen wie Beispielsweise die modernen Formen der Sklaverei und die Machtverhältnisse in globalen Produktionsketten (Kusumaryati, 2021).

Die Naturwissenschaften sind eng mit diesem Prozess und dem Machterhalt und -ausbau verwoben. Denn sie wurden – in der Rhetorik der Kolonialmächte – als ‚Geschenk zur Zivilisierung' in die Kolonien gebracht und unterstützten die Kolonisierung z.B. durch die Rassentheorien und die ökonomischen Vorteile, die durch sie ermöglicht wurden (Seth, 2009; s. auch Césaire, 1955). In diesem Zuge wurden sie weltweit in den Schulkanon eingeführt (Wandela, 2014). Dabei besteht der Vorwurf, dass die Naturwissenschaften epistemologische Gewalt ausüben, wenn sie als objektiv, frei von Moral, Kultur und Gewalt definiert werden (Vieyra & Edwards, 2021), also die Pluralität der Zugänge zur Natur nicht anerkennen.

Forschungsfragen

Hierauf basierend zielt dieser Beitrag darauf ab, die folgenden Forschungsfragen zu beantworten: (1) Welche Unterrichtsmodelle und –ansätze zur Dekolonialisierung stehen aktuell für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe zur Verfügung? (2) In welchen Kontexten wurden diese Ansätze und Modelle entwickelt und/oder implementiert?

[1] Das Adjektiv ‚westlich' wird in Anführungsstriche gesetzt, da große Teile des naturwissenschaftlichen Wissens immer auch aus ‚nicht-westlichen' Ländern stammen. In der Literatur zu postkolonialer Naturwissenschaftsdidaktik wird diese Einschränkung des Begriffs akzeptiert, um die ‚westliche' Naturwissenschaft mit den ‚indigenen' Wissenssystemen zu kontrastieren und damit die historische Opposition aufzeigen zu können.

Methoden
Die Analyse der Literatur erfolgte nach der Methode der Meta-Interpretation (Weed, 2005), einem zyklischen Analyseprozess, in dem die Literatursuche iterativ präzisiert wird. Dies wurde kombiniert mit systematischen Suchen, um die Transparenz zu erhöhen. Diese wurden in ERIC durchgeführt und schlossen nur Artikel aus Zeitschriften mit Peer Review ein, die 2013-2022 veröffentlicht wurden und die Aufschluss über unterrichtspraktische Ansätze für formale Lernsettings in der Sekundarstufe für die Fächer Chemie, Physik, Biologie und Naturwissenschaften gaben. Von 227 identifizierten Artikeln erfüllten 43 alle Suchkriterien.

Ergebnisse
Bezüglich der *Lernkontexte*, in denen die Ansätze entwickelt wurden, war auffällig, dass in der Stichprobe fast ausschließlich ehemalige Kolonien vertreten waren. Eine Ausnahme bildeten zwei Artikel aus Nepal. Artikel aus Europa waren nicht in der Stichprobe. Am stärksten war die Literatur aus Südafrika vertreten, gefolgt von Kanada und den USA. Es zeichnete sich ab, dass für fast alle Entstehungskontexte folgende Kriterien zutrafen: (1) Das Land wurde kolonisiert, (2) als ‚Indigene' oder ‚First Nations' beschriebene Menschen sind lokal präsent, was bedeutet, dass ein direkter, lokaler Kontakt zwischen 'westlichen' Naturwissenschaften und 'indigenen' Wissenssystemen besteht und (3) die Region ist politisch eigenständig.

Zentral in der Literatur war die Frage der *Koordination ‚indigener' Wissenssysteme mit dem ‚westlichen' Wissenssystem* im Unterricht. Hierzu präsentiert Nhalevilo (2013) folgende Klassifikation anhand des Grads der Dekolonisierung:

(1) Im kolonisierten Zustand besteht ein naturwissenschaftlicher Unterricht, in dem die westliche Naturwissenschaft dominiert und indigene Wissenssysteme als nicht wertvoll angesehen werden.
(2) In der Dekolonisierung werden Teile indigener Wissenssysteme zur Kontextualisierung westlicher Naturwissenschaft genutzt. (z.B. Fakoyede & Otulaja, 2020). Ziel ist also der Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens aus westlicher Perspektive.
(3) Bei der Neo-Kolonisierung werden Teile indigener Wissenssysteme aus der Perspektive der Naturwissenschaften erklärt (z.B. Imaduddin et al., 2020).
(4) In der Phase der ‚Wiedergeburt' („re-birth" im Original), werden westliche und indigene Wissenssysteme als gleichwertig betrachtet. Insbesondere werden hier epistemologische und ontologische Voraussetzungen expliziert und so Unterschiede herausgearbeitet (z.B. Opoku & James, 2021).
(5) In der letzten Phase, der Theoretisierung, wird reflektiert, wie die Wissenssysteme in der Schule zueinander stehen sollen. Eine Möglichkeit ist, zwei separate Schulfächer einzurichten (Nhalevilo, 2013), oder es soll innerhalb eines Faches eine ‚epistemologische Brücke' hergestellt werden, sodass Schüler:innen lernen, Dinge aus beiden Perspektiven zu betrachten (Tovar-Gálvez, 2021).

Weiterhin deutete sich ein *Zusammenhang mit der Bildungspolitik* an. In Ländern mit starker Dekolonisierungsbestrebung in der Bildungspolitik liegt eine stark dekolonisierende und vielfältige Forschung vor. Dies wurde in der Literatur aus Südafrika und Kanada deutlich. In Südafrika beispielsweise wurde das Bildungssystem nach der Apartheit umfassend neu strukturiert und so sind die Lehrkräfte verpflichtet, indigene Wissenssysteme in ihren Unterricht einzubinden. Das zeigt sich in einer Forschungsvielfalt auf allen Stufen der Dekolonisierung nach

Nhalevilo. In Ländern mit schwächerer Dekolonisierungsbestrebung in der Politik zeigt sich eine weniger stark dekolonisierende Forschung, mit einer geringeren Zahl an Studien und einer Literatur, die v.a. der Stufe 2 der Dekolonisierung zuzuordnen ist.

Weiterhin wurde in diesem Review deutlich, dass regionale Unterschiede in der Literatur bestehen. In Nordamerika sind die *Land- und Place-Based Science Education* stark vertreten. Beide Ansätze zielen darauf ab, dass die Schüler:innen sowohl eine indigene als auch westliche naturwissenschaftliche Perspektiven in Bezug auf einen konkreten Ort verstehen (z.B. Aikenhead, 2020, Webber et al., 2021).

Aus Nepal stammt ein Ansatz, der, ähnlich wie der socio-scientific-issues-Ansatz bzw. der gesellschaftskritisch-problemorientierte Unterricht, *die sozio-politische Perspektive auf postkoloniale Machtstrukturen* in den Blick nimmt. Hier gilt es, Naturwissenschaften vor dem Hintergrund aktueller, lokal präsenter soziopolitischer Ungleichheiten zu diskutieren. In den Studien aus Nepal (Upadhyay et al., 2020, 2021) wurden beispielsweise die Auswirkungen der Globalisierung auf die Ernährungslage einer unterdrückten ethnischen Gruppe in Nepal, den Tharu, im Unterricht diskutiert. Zentral ist hier, das naturwissenschaftliche Wissen im Kontext der Machtverhältnisse zu diskutieren und konkret zu handeln, um Diskriminierungen entgegenzuwirken. Dies basiert auf der kritischen Pädagogik (z.B. Freire, 1970, 2006).

Diskussion und Ausblick

Die Stichprobe zeigte, dass in der Literatur vor allem versucht wird, indigene und westliche Wissenssysteme zu koordinieren und dass nur vereinzelt sozialkritische Ansätze genutzt werden. Weiterhin zeigte sich, dass die Literatur fast ausschließlich aus ehemaligen Kolonien stammt und dass die Länder der ehemaligen Kolonialmächte keine Literatur beisteuern.

Die Frage, wie Europa mit der Dekolonialisierung und der postkolonialen Gegenwart bezüglich des naturwissenschaftlichen Lernens umgehen möchte, scheint bisher nicht geklärt zu sein. Wichtig ist hier, dass sich der europäische Kontext deutlich von den ehemals kolonisierten Gebieten unterscheidet. Denn in Europa besteht nur äußerst selten ein direkter, lokaler Kontakt zwischen ‚indigenen' Gruppen und damit ihren Wissenssystemen und der westlichen Naturwissenschaft. Dies ist in der bestehenden unterrichtspraktischen Literatur jedoch der Fall. Daher können die bestehenden Ansätze nicht direkt auf den europäischen Kontext übertragen werden. Über die Dekolonisierung des naturwissenschaftlichen Lernens auch in Europa nachzudenken erscheint jedoch notwendig, um zu einer funktionierenden Demokratie beizutragen, in der die Pluralität des menschlichen Daseins (Arendt, 1958) reflektiert und offen diskutiert werden kann. Wie dies gestaltet werden kann, erfordert weitere konzeptuelle und empirische Arbeit. Ein möglicher Ansatzpunkt könnte sein, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht ein Verständnis für die Vielfalt der Wissenssysteme über die Natur aufgebaut wird. Dies würde implizieren, dass interkulturelle Kompetenzen als Ziel des naturwissenschaftlichen Lernens definiert werden müssten, da Perspektivwechsel erforderlich wären. Weiterhin würde es fächerübergreifende Zugänge und auch die kritische Betrachtung der Rolle der Naturwissenschaften in postkolonialen Machtverhältnissen erfordern. Wie dies jedoch genau ausgestaltet werden soll, ist jedoch aktuell noch ein offenes Diskussionsfeld.

Literatur

Aikenhead, G. S. (2020). School science and mathematics storylines. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 20 (4), 682–699.

Arendt, H. (1958b). The human condition (reprint 2018). The University of Chicago Press.

Césaire, A. (1955). Discours sur le colonialisme (6. Aufl.). Présence Africaine.

Fakoyede, S. J., & Otulaja, F. S. (2020). Beads and beadwork as cultural artifacts used in mediating learners' agentic constructs in science classrooms: A case for place-based learning. Cultural Studies of Science Education, 1 5(1), 193–210.

Freire, P. (1970). Pedagogy of the oppressed (30th anniversary edition, 2000). Continuum.

Freire, P. (1997). Professora sim, tia não: Cartas a quem ousa ensinar. Olho d'agua.

Freire, P. (1996). Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa (33. ed, 2006). Paz e Terra.

Imaduddin, M., Simponi, N. I., Handayani, R., Mustafidah, E., & Faikhamta, C. (2020). Integrating living values education by bridging Indigenous STEM knowledge of traditional salt farmers to school science learning materials. Journal of Science Learning, 4 (1), 8–19.

Kohn, M., & Reddy, K. (2022). Colonialism. In E. N. Zalta (Hrsg.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Metaphysics Research Lab, Stanford University. https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/colonialism/

Kusumaryati, V. (2021). Freeport and the States: Politics of corporations and contemporary colonialism in West Papua. Comparative Studies in Society and History, 63 (4), 881–910.

Nhalevilo, E. Z. de F. A. (2013). Rethinking the history of inclusion of IKS in school curricula: Endeavoring to legitimate the subject. International Journal of Science and Mathematics Education, 11 (1), 23–42.

Opoku, M. J., & James, A. (2021). Pedagogical model for decolonising, indigenising and transforming science education curricula: A case of South Africa. Journal of Baltic Science Education, 20 (1), 93–107.

Popper, K. R. (1945). The open society and its enemies (reprint, 2020). Princeton University Press.

Rüschenpöhler, L. (2023). A review of postcolonial and decolonial science teaching approaches for secondary school from a European perspective. International Journal of Science Education, 1–27.

Seth, S. (2009). Putting knowledge in its place: Science, colonialism, and the postcolonial. Postcolonial Studies, 12 (4), 373–388.

Tovar-Gálvez, J. C. (2021). The epistemological bridge as a framework to guide teachers to design culturally inclusive practices. International Journal of Science Education, 43 (5), 760–776.

Upadhyay, B., Atwood, E., & Tharu, B. (2020). Actions for sociopolitical consciousness in a high school science class: A case study of ninth grade class with predominantly Indigenous students. Journal of Research in Science Teaching, 57 (7), 1119–1147.

Upadhyay, B., Atwood, E., & Tharu, B. (2021). Antiracist pedagogy in a high school science class: A case of a high school science teacher in an Indigenous school. Journal of Science Teacher Education, 32 (5), 518–536.

Vereinte Nationen. (1946). Die Charta der Vereinten Nationen. Abgerufen unter https://unric.org/de/charta/

Vieyra, R. E., & Edwards, S. (2021). Peace in science education: A literature review. Journal of Peace Education, 18 (2), 121–142.

Wandela, E. L. (2014). Tanzania post-colonial educational system and perspectives on secondary science education, pedagogy, and curriculum: A qualitative study [DePaul University]. https://via.library.depaul.edu/soe_etd/71

Webber, G., McVittie, J., Miller, D., & Hellsten, L. (2021). The terrain of place-based education: An introduction for teacher education in Canada. Brock Education Journal, 30 (1), 10.

Weed, M. (2005). „Meta interpretation": A method for the interpretive synthesis of qualitative research. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 6 (1), Art. 37.

Simon Z. Lahme[1]
Pascal Klein[1]
Andreas Müller[2]

[1]Universität Göttingen
[2]Universität Genf

Offene Experimentierprojektaufgaben in der Studieneingangsphase Physik

Motivation Mit Experimentieren im Physikstudium sind vielfältige (Lern-)Ziele verbunden (Welzel et al., 1998), die neben Experimentierkompetenz z. B. auch die Ebenen des Fachwissens, der Metakognition und der Sozialisation (in die Fachkultur, in kollaborativen Settings auch in die Universität und Peergroup) umfassen. Damit können typischen Anforderungsebenen akademischer Identitätsbildung in der Studieneingangsphase Physik adressiert werden (vgl. Bauer et al., 2019). Gerade offene, dem Prinzip forschungsbasierten Lernens folgende Experimentiersettings, in denen Studierenden eigene Fragestellungen verfolgen und selbst Experimente designen, haben sich als lernwirksam erwiesen (Holmes & Wieman, 2018). Insbesondere können mit *undergraudate research projects* (URPs), in denen Kleingruppen von Lernenden selbstgesteuert für längere Zeit an einer Experimentieraufgabe oder Fragestellung arbeiten, *higher-order thinking skills* (HOTs) wie Autonomie, Neugier oder Kreativität auf der Metakognitionsebene fördern (Russell et al., 2007; Mieg et al., 2022). Smartphones zur Messdatenerfassung fördern dabei u. a. die Motivation der Lernenden (Hochberg, 2016) und ermöglichen eine eigenständige, flexible Datenerhebung auch außerhalb von Labor-/Praktikumsräumen z. B. im Alltag (Klein et al., 2021). Dem Potential dieser Ansätze folgend wurden in einem Lehrprojekt an der Universität Göttingen im Wintersemester 22/23 Smartphone-Experimente als URPs in die Studieneingangsphase Physik implementiert und evaluiert.

Projektüberblick In dem Lehrprojekt „Digitalgestütztes vernetztes Lernen in der Studieneingangsphase Physik“ (Lahme et al., 2023e) bearbeiteten Gruppen von drei bis fünf Erstsemesterstudierenden (i. W. Physik Hauptfach und gymnasiales Lehramt) eine von sechs Experimentieraufgaben. Als URP erforderten diese eine offene, selbstgesteuerte Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments mit Vorlesungsbezug. Die Nutzung von Alltagsgegenständen und Smartphones zur Datenaufnahme ermöglichte den Studierenden hohe zeitliche und räumliche Flexibilität. Die Ergebnisse wurden den Kommiliton:innen auf wissenschaftlichen Postern in einer Postersession präsentiert. Die Bearbeitungszeit für die URPs betrug zehn Vorlesungswochen exkl. zwei Wochen Weihnachtsferien. Sie wurden in die Veranstaltung *Experimentalphysik I (Mechanik)* integriert, indem die wöchentlichen Übungsblätter in einem Umfang äquivalent zu 25 h Workload reduziert und in der zweiwöchentlichen Saalübung Unterstützungen angeboten wurden (u. a. ein Workshop zur Postergestaltung). Vorlesung, Übungsbetrieb und parallele Lehrveranstaltungen wie das Grundpraktikum wurden nicht beeinflusst. Die URPs wurden durch offene Aufgabenmaterialien strukturiert, die den Studierenden eine Denkrichtung inkl. Ziel und i. d. R. eine Forschungsfrage vorgaben und auch Leitfragen, Literaturhinweise, einen Zeitplan und sonstige Hinweise umfassten. Die Aufgabenideen orientieren sich an Originalpaper, die auch die Studierenden erhielten, sowie an Aufgaben aus dem Erasmus+ Projekt DigiPhysLab (Lahme et al., 2022, www.jyu.fi/digiphyslab), die für die Nutzung als URPs signifikant weiterentwickelt wurden. Die Aufgabendokumente und Materialen finden sich als OERs unter https://doi.org/10.57961/49zr-w490. Detaillierte Ausführungen zur Aufgabenentwicklung finden sich bei Lahme et al. (2023a), zu den Aufgaben selbst sowie deren Implementation bei Lahme et al. (2023d).

Evaluationsdesign Ziele des Projektes waren die Gestaltung von Möglichkeiten des selbstgesteuerten, vernetzenden, forschungsbasierten Lernens, die Förderung affektiver Faktoren wie Interesse an Physik und das Zugehörigkeitsgefühl zur Physik-Community sowie von HOTs wie Autonomie und Neugier. Der Fokus lag somit nicht auf dem konzeptionellen Verständnis oder dem Erwerb experimenteller Fähigkeiten. Das Projekt wurde durch eine umfassende Evaluation begleitet, um einerseits im Sinne eines *proof of concept* die Implementierbarkeit derartiger URPs in die Studieneingangsphase Physik zu untersuchen und andererseits die Aufgabendokumente zu evaluieren. Als Datenbasis für die Evaluation dienen die 39 Poster der Kleingruppen, 110 Beantwortungen von acht abschließenden Reflexionsfragen zu den URPs und Antworten aus sechs Online-Umfragen. Eine Übersicht über diese Online-Umfragen und die dabei erhobenen Variablen ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Variablenplan der Online-Umfragen in den Semesterwochen (SW) 2 bis 14. In SW2 (N = 125) erfolgte die Erhebung vor, in SW4 (N = 63) kurz nach Aufgabenbereitstellung, in SW6 (N = 65) während der URP-Arbeitsphase, in SW10 (N = 112) nach der Posterpräsentation, in SW12 (N = 34) nach Beantwortung der Reflexionsfragen und in SW14 (N = 19) nach Projektabschluss. X bzw. (X) markiert, wann die Variablen (teilweise) erhoben wurden.

Referenz	**Variable**	**SW2**	**4**	**6**	**10**	**12**	**14**
Klein (2016)	Interesse & Neugier State			X		X	
	Neugier Trait	X					
	Autonomie					X	
	Aufgabenauthentizität				X		
Feser & Plotz (2023)	Zugehörigk. Physik-Comm.	X					X
Baumert et al. (2008)	Zugehörigk. Uni Göttingen			X			X
Teichmann et al. (2022)	Sicht auf Experimentalphy.	X					X
Lahme et al. (2023c)	Einstellung digitale Medien	X					X
Dickhäuser et al. (2002)	Akadem. Selbstkonzept	(X)				X	
Rehfeldt (2017)	Vernetzung Lehrveranstalt.			X		X	
Lahme et al. (2023b)	Aufgabenqualität der URPs		(X)	(X)	X	(X)	(X)
Rauschenbach et al. (2018)	Workload & Kollaboration			(X)		(X)	

Einblick in erste Evaluationsergebnisse In einer ersten Analyse wurden die Freitextantworten der Online-Umfragen SW 4, 6, 10, 12 und 14 sowie die Antworten auf eine entsprechende Reflexionsfrage einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Die Antworten wurden deduktiv danach sortiert, ob sie Lob oder Kritik an den Aufgaben oder der Projektarbeit i. A. enthalten und dann nach inhaltlich ähnlichen Aspekten kategorisiert. Dabei konnte eine Aussage auch in mehrere Teilaussagen zerlegt werden, jede Teilaussage wurde aber nur einmal kodiert. Da die Studierenden jeweils an allen Online-Fragebögen teilnehmen konnten, war hier auch eine mehrfache Kodierung mit der gleichen Kategorie je Person möglich. In den 300 Freitextantworten wurden 166 lobende und 198 kritisierende (Teil-)Aussagen identifiziert, in den 109 Antworten auf die Reflexionsfrage 272 lobende und 160 kritisierende (Teil-)Aussagen. Die Antworten wurden in 31 Kategorien (14 positiv, 17 negativ) systematisiert und kodiert. Das Kategoriensystem wird derzeit validiert und dann später entsprechend mit einer vollständigen Auswertung der Kodierungen publiziert. Im Folgenden werden erste Erkenntnisse berichtet.

Die Freitextantworten in den Fragebögen bilden primär die Eindrücke der Studierenden während der Projektarbeit ab, die Antworten auf die Reflexionsfrage dagegen den Eindruck

nach deren Abschluss. Während der Projektarbeitsphase wurden in den Online-Fragebögen vor allem die Autonomie und Kreativität (vgl. HOTs) und das Arbeiten in Kleingruppen gelobt, beides immanent mit URPs verbunden. Die Studierenden berichteten außerdem vom Spaß am Experimentieren und ihnen gefiel, dass sie mithilfe von Alltagsgegenständen und Smartphones Alltagsphänomene erkunden konnten (vgl. Neugier, Interesse). Zudem konnten sie aus ihrer Sicht ein vertieftes Verständnis der Inhalte erwerben und (spezifische) Kompetenzen entwickeln bzw. Kompetenz erleben (vgl. akademisches Selbstkonzept). Neben diesen Aspekten wurden in den Antworten auf die Reflexionsfrage zusätzlich das Erstellen und Präsentieren der Poster und die vorhandenen Unterstützungsangebote gelobt.
Während der Projektarbeitsphase kritisierten die Studierenden dagegen besonders den hohen Zeitaufwand, damit verbundene Herausforderungen im Zeitmanagement angesichts der Anforderungen in den anderen Lehrveranstaltungen und den als hoch bzw. zusätzlich empfundenen Aufwand. Weitere Analysen zeigen hier jedoch, dass die Studierenden im Durchschnitt $(24{,}6 \pm 2{,}2)$ h für die URPs aufwandten, was dem kalkulierten Workload von 25 h entspricht. Zudem waren die Aufgaben nicht für alle Studierenden gleichermaßen interessant. Einige merkten einen unklaren Nutzen, einen hohen Offenheitsgrad und eine hohe Komplexität der Aufgaben an oder nannten Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit mit ihren Gruppenmitgliedern. In den Antworten auf die Reflexionsfrage wurden zusätzlich noch die Bewertungsmodalitäten und der Zeitraum der Projektarbeit im Semester bzw. Studium kritisiert.

Fazit und Ausblick In diesem Beitrag wurde das Evaluationsdesign eines Lehrprojektes vorgestellt, in dem Physik(-lehramts-)studierende im ersten Semester selbstständig über einen längeren Zeitraum an einem Smartphone-Experiment im Stil eines URPs arbeiteten. Die Evaluation adressiert die mit den URPs verbundenen affektiven Faktoren und HOTs und dient neben eines *proof of concept* auch der Weiterentwicklung der Aufgaben und des Programms. Erste Analysen der Freitextantworten zeigen, dass den Studierenden u. a. die Autonomie und Kreativität, das kollaborative Arbeiten in Kleingruppen, sowie das Erkunden von Alltagsphänomenen mit simplen Experimentiermaterialien und Smartphones gefiel. Einige Studierende kritisierten den (Zeit-)Aufwand, der im Mittel aber dem erwarteten Workload von 25 h entsprach. Zudem wurden die Aufgaben teils als uninteressant und zu anspruchsvoll eingeschätzt. In einem nächsten Schritt werden die erhobenen quantitativen Daten und die Lernprodukte der Studierenden (Poster und beantwortete Reflexionsfragen) auch mithilfe des Kategoriensystems weiter analysiert, um ein umfassenderes Bild von den implementierten URPs zu erhalten. Perspektivisch kann so im Vergleich mit Klein (2016), Kaps und Stallmach (2022) und einer analogen Evaluation wöchentlicher Experimentier-/Programmieraufgaben im Wintersemester 23/24 an der RWTH Aachen diskutiert werden, wie (Smartphone-)Experimentieraufgaben in den Vorlesungs- und Übungsbetrieb der Studieneingangsphase Physik integriert werden können.

Funding Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur förderte dieses Projekt in der Linie „Innovative Lehr- und Lernkonzepte: InnovationPlus“.

Author contributions P. K.: conceptualization (supporting), funding acquisition, project administration, supervision (equal), writing–review & editing (equal). S. Z. L.: conceptualization (lead), data curation, formal analysis, investigation, methodology, resources, writing–original draft, writing–review & editing (equal). A. M.: supervision (equal).

Literatur

Bauer, A., Lahme, S., Woitkowski, D., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2019). PSΦ: Forschungsprogramm zur Studieneingangsphase im Physikstudium. *PhyDid B*, 53-60.

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2008). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2100057_8/component/file_2197666/content

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, *23*(4), 393–405.

Feser, M. S. & Plotz, T. (2023). Exploring the validity of a single-item instrument for assessing pre-service primary school teachers' sense of belonging to science. *Open Educ. Stud.*, *5*(1), 20220191.

Hochberg, K., Kuhn, J. & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools: Effects on interest, cu–riosity, and learning in physics education. *J. Sci. Educ. Technol.*, *27*(5), 385-403.

Holmes, N. G. & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today*, *71*(1), 38–45.

Kaps, A & Stallmach, F (2022). Development and didactic analysis of smartphone-based experimental exercises for the smart physics lab. *Phys. Educ.*, *57*, 045038.

Klein, P. (2016). *Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik)*. Dissertation, TU Kaiserslautern. https://s.gwdg.de/nk9dX8

Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., Jeličić, K., Geyer, M.-A., Küchemann, S. & Susac, A. (2021). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effective–ness of online recitations, and online laboratories. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, *17*(1), 10117.

Lahme, S. Z., Fipp, M., Klein, P. & Müller, A. (2023a). Offene Projektaufgaben mit Smartphone-Experimenten für die Studieneingangsphase Physik. Preprint, DOI 10.13140/RG.2.2.23370.34248.

Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Rončević, L. & Sušac, A. (2023b). Evaluating digital experimental tasks for physics laboratory courses. Preprint, DOI: 10.13140/RG.2.2.26818.35526.

Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Rončević, L. & Sušac, A. (2023c). Physics lab courses under digital transformation: A trinational survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives. Preprint, DOI 10.48550/arXiv.2305.08515.

Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Sušac, A. & Tomrlin, B. (2022). DigiPhysLab: Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning. *PhyDid B*, 383-390.

Lahme, S. Z., Klein, P. & Müller, A. (2023d). *Smartphone-based undergraduate research projects in an introductory mechanics course*. Eingereicht für den Tagungsband zum 26. MPTL-Workshop 2023 in Prag.

Lahme, S. Z., Müller, A. & Klein, P. (2023e). Lehrveranstaltungsverbindende Experimentieraufgaben im Physikstudium. In v. Vorst, H. (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen* 2022, Band 43, 667-670.

Mieg, H. A., Ambos, E., Brew, A., Galli, D. & Lehmann, J. (Hrsg.) (2022). *The Cambridge handbook of undergraduate research*. University Press.

Rauschenbach, I., Keddis, R. & Davis, D. (2018). Poster development and presentation to improve scientific inqui–ry and broaden effective scientific communication skills. *J. Microbiol. Biol. Educ.*, *19*(1).

Rehfeldt, D. (2017). *Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika*. Logos.

Russell, S. H., Hancock, M. P. & McCullough, J. (2007). Benefits of undergraduate research experiences. *Science*, *316*(5824), 548–549.

Teichmann, E., Lewandowski, H. J. & Alemani, M. (2022). Investigating students' views of experimental physics in German laboratory classes. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, *18*(1), 10135.

Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschnaiter, S. von (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissen–schaftlichen Ausbildung verbinden: Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *ZfDN*, *4*(1), 29–44.

Ricarda Ringdorfer[1]
Doris Dallinger[1]
C. Oliver Kappe[1]
Philipp Spitzer[1]

[1]Universität Graz

Realisierung eines Flow Chemistry Praktikums mit Masterstudierenden

Flow Chemistry gilt als eine der aufstrebendsten Synthesemethoden im Bereich der Industrie und Forschung (Kairouz & Collins, 2018). Dabei werden Reaktanden mit einer bestimmten Flussrate durch einen Flow Reaktor, z.B. Schlauch, Rohr, Mikroreaktor, gepumpt, sodass ein kontinuierlicher Fluss der verwendeten Chemikalien entsteht (Plutschack, Pieber, Gilmore & Seeberger, 2017). In einem Mischer treffen die Reaktandenströme aufeinander, werden gemischt und laufen weiter durch den Reaktor, wo die Reaktion stattfindet. Dieses Prozedere kann theoretisch ohne Unterbrechung fortgeführt werden, bis die gewünschte Menge an Produkt erreicht wird. Im Vergleich zu herkömmlichen Syntheseverfahren in Batch bringen Synthesen im Durchfluss viele Vorteile mit sich: Einer der wichtigsten Vorteile ist dabei die erhöhte Sicherheit selbst bei gefährlichen Reaktionen durch kontrollierbare Reaktionsbedingungen (Britton & Jamison, 2017; Gutmann, Cantillo & Kappe, 2015). Durch eine verbesserte Wärme- und Massenübertragung werden bei Reaktionen in Flow Systemen bei kürzeren Reaktionszeiten oft höhere Produktqualitäten als in herkömmlichen Batch-Prozessen erzielt und ein Scale-Up ist leichter möglich (Dallinger & Kappe, 2017).

Flow Chemistry in der Hochschullehre

Diese Vorteile machen Flow Chemistry zu einer wichtigen Synthesemethode für die Herstellung vieler organischer Verbindungen in Industrie und Forschung. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, Flow Chemistry auch in die Lehre zu integrieren (Blanco-Ania & Rutjes, 2017). Im Sinne der curricularen Innovationsforschung soll sich Lehre mit aktuellen, relevanten Forschungsthemen und -erkenntnissen mitentwickeln (Tausch, 2004), um die Fähigkeiten der Studierenden im Hinblick auf ihre berufliche Zukunft als Chemiker:innen zu fördern (Kairouz, Charette & Collins, 2021). So empfehlen Blanco-Ania & Rutjes (2017) die Implementierung von Flow Chemistry-Elementen an Hochschulen bereits im frühen Stadium des Bachelorstudiums, da hier Studierende ihre ersten Laborpraktika absolvieren und Elemente der Flow Chemistry bereits an dieser Stelle in die Lehre eingebettet werden sollten. Denn durch Flow Chemistry können Fähigkeiten in mehreren Teilbereichen der Chemie gefördert werden: So sind für Flow Chemistry Kompetenzen im Bereich der Verfahrenstechnik, analytischen Chemie und organischen Chemie notwendig (Kairouz, Charette & Collins, 2021).

Problemaufriss

Obwohl Flow Chemistry als gängige Synthesemethode in Industrie und Forschung eingesetzt wird und die Publikationen zu Synthesen in Flow-Prozessen in den letzten Jahren stetig zunahmen, ist die Implementierung von Flow Chemistry in der Hochschullehre noch vergleichsweise wenig verbreitet, wenngleich auch in diesem Bereich die Publikationen zu Möglichkeiten der Integration von Flow Chemistry in die Lehre nach und nach mehr Aufmerksamkeit gewinnen (z.B. Blanco-Ania & Rutjes, 2017; Kairouz, Charette & Collins,

2021; König et al., 2013; Leibfarth, Russell, Langley, Seo, Kelly, Carney, Sello & Jamison, 2018; Penny, Tsui & Hilton, 2021). An der Universität Graz wird Flow Chemistry in der Forschung eingesetzt, in der Lehre fehlte die Implementierung besonders im praktischen Bereich allerdings zur Gänze und sollte daher im Masterstudium „Technical Chemistry“ als eintägiges Laborpraktikum integriert werden. Die Studierendengruppe, die das Laborpraktikum absolvieren soll, setzt sich dabei aus Studierenden mit verschiedenen Bachelorabschlüssen (Großteils BSc Chemie, zu geringen Anteilen BSc Umweltsystemwissenschaften oder andere) zusammen und hat demnach unterschiedliche Vorerfahrungen im Bereich der Flow Chemistry und im praktischen Arbeiten im Labor, was eine Hürde für die Absolvierung des Laborpraktikums darstellen kann. Insbesondere für Studierende ohne Chemie-Vorstudium könnte das praktische Arbeit im Labor Schwierigkeiten bereiten, da ihr Vorstudium kaum bis wenig Lerngelegenheiten zu praktischem Arbeiten im Labor bot.

Ziele

In unserem Forschungsprojekt verfolgen wir das Ziel, Flow Chemistry in das Masterstudium „Technical Chemistry“ an der Universität Graz zu implementieren. Methodisch ist dieses Forschungsprojekt in das Feld der partizipativen Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002; Tolsdorf & Markic, 2018) einzubetten. Dafür wurde mit Chemiker:innen aus dem Bereich der Flow Chemistry ein eintägiges Laborpraktikum konzipiert, das mit speziell für die Lehre entwickelten Experimenten die Prinzipien von Flow Chemistry vermitteln und Studierende dazu befähigen soll, abschließend eine Synthesereaktion samt Optimierung in einem für die Lehre geeigneten 3D-gedruckten Flow Reaktor durchzuführen. Um die Studierenden mit unterschiedlichen Vorerfahrungen und Lerngelegenheiten zu Flow Chemistry in der Vorbereitung auf das Labor und währenddessen zu unterstützen, wurde eine digitale Lernumgebung entwickelt.

Umsetzung

Für das hier vorgestellte Laborpraktikum wurde ein 3D-gedruckter Flow Reaktor der Firma IKA verwendet *(Abb. 1)*, der es ermöglicht, wichtige Basisoperationen von Flow Chemistry wie die Einstellung der Flussrate einfach und selbstständig durchzuführen. Nach dem Design der partizipativen Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002; Tolsdorf & Markic, 2018) werden in mehreren Zyklen ein didaktisches Konzept sowie Experimente aus aktueller Forschung für das Laborpraktikum entwickelt und umgesetzt. Insgesamt besteht das Praktikum aus drei aufeinander aufbauenden Experimenten: Zu Beginn werden Flussratenbestimmungen mit Wasser durchgeführt, anschließend folgen Untersuchungen der Mischeffizienz von unterschiedlichen Mischer-Typen und darauf aufbauend wird eine Synthesereaktion durchgeführt und optimiert.

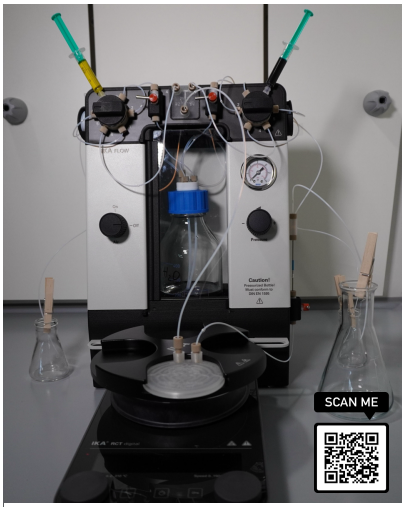


Abb. 1: IKA Flow Reaktor und weiterführende Informationen

Ergebnisse

Der erste Laborpraktikumsdurchlauf konnte mit acht Gruppen von vier bis sechs Studierenden bei einer Gesamtteilnehmer:innenzahl von 40 Studierenden realisiert werden. In Prä- und Post-Interviews sowie Prä- und Post-Fragebögen wurde u.a. erhoben, wie die Strukturierung des Laborpraktikums sowie der Einsatz des Flow Reaktors von den Studierenden wahrgenommen wurde. Für die im dritten Experiment geforderte eigenständige Syntheseoptimierung wurden in Anlehnung an forschungsnahes Lernen (Reinmann, 2020) Gruppendiskussionen angeregt, die als Basis für die Wahl der Optimierungsparameter dienten. Dabei konnten wir feststellen, dass mehr als 81 % der Studierenden diese Diskussionen als hilfreich empfanden und das Gefühl hatten, im Rahmen des Laborpraktikums eigene Ideen umsetzen zu können *(Abb. 2)*. Ebenso gab die Mehrheit der Studierenden an, selbstständiges Arbeiten als lernsteigernd einzuschätzen *(Abb. 2)*.

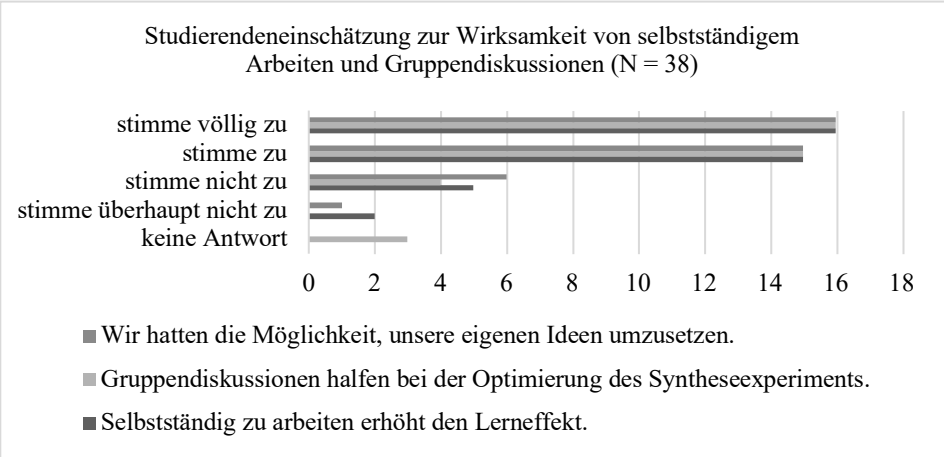


Abb. 2: Studierendeneinschätzung zu eingesetzten Elementen im Laborpraktikum. (Aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt.)

86 % der Studierenden (N = 35) empfanden die Strukturierung des Labors als gut. Quantitative Ergebnisse zeigten aber, dass die Optimierung in Experiment drei in manchen Gruppen zu viel Zeit beanspruchte. Das Arbeiten am Flow Reaktor wurde als sehr einfach und leicht verständlich empfunden, für die Gruppengröße von fünf oder sechs Studierenden allerdings wäre ein zweites Gerät sinnvoll. Eine Implementierung von Flow Chemistry in das Masterstudium befürworten 94 % der Studierenden.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse des ersten Laborzyklus bestätigten den Erfolg der Implementierung von Flow Chemistry in die Hochschullehre in Form eines Laborpraktikums. Auch die Verwendung des IKA Flow Reaktors als vergleichsweise einfache Möglichkeit der Realisierung von Flow Synthesen kann an dieser Stelle positiv hervorgehoben werden. Für die weiteren Laborzyklen soll aufgrund genannter Zeitprobleme aber an der Entwicklung weiterer geeigneter Optimierungsreaktionen gearbeitet werden, die auch mit geringeren Reaktionszeiten durchführbar sind. Weiters wird der Einsatz von anderen Flow Reaktoren als Ergänzung getestet, um das Arbeiten in Gruppengrößen von fünf oder sechs Personen besser strukturieren zu können.

Literatur

Blanco-Ania, D. & Rutjes, F. P. J. T. (2017). Continuous-Flow Chemistry in Chemical Education. Journal of Flow Chemistry, 7 (3), 157–158

Britton, J. & Jamison, T. (2017). The Assembly and Use of Continuous Flow Systems for Chemical Synthesis. Nature Protocols, 12, 2423–2446

Dallinger, D. & Kappe, C. O. (2017). Why flow means green – Evaluating the merits of continuous processing in the context of sustainability. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 7, 6–12

Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. CHEMKON, 9 (1), 13–18

Gutmann, B., Cantillo, D. & Kappe, C. O. (2015). Continuous-flow technology—a tool for the safe manufacturing of active pharmaceutical ingredients. Angewandte Chemie (International ed. in English), 54 (23), 6688–6728

Kairouz, V., Charette, A. B. & Collins, S. K. (2021). Implementing flow chemistry in education: the NSERC CREATE program in continuous flow science. Journal of Flow Chemistry, 11 (1), 13–17

Kairouz, V. & Collins, S. K. (2018). Continuous Flow Science in an Undergraduate Teaching Laboratory: Bleach-Mediated Oxidation in a Biphasic System. Journal of Chemical Education, 95 (6), 1069–1072

König, B., Kreitmeier, P., Hilgers, P. & Wirth, T. (2013). Flow Chemistry in Undergraduate Organic Chemistry Education. Journal of Chemical Education, 90 (7), 934–936

Leibfarth, F. A., Russell, M. G., Langley, D. M., Seo, H., Kelly, L. P., Carney, D. W., Sello, J. K. & Jamison, T. F. (2018). Continuous-Flow Chemistry in Undergraduate Education: Sustainable Conversion of Reclaimed Vegetable Oil into Biodiesel. Journal of Chemical Education, 95 (8), 1371–1375

Penny, M. R., Tsui, N. & Hilton, S. T. (2021). Extending practical flow chemistry into the undergraduate curriculum via the use of a portable low-cost 3D printed continuous flow system. Journal of Flow Chemistry, 11 (1), 19–29

Plutschack, M. B., Pieber, B., Gilmore, K. & Seeberger, P. H. (2017). The Hitchhiker's Guide to Flow Chemistry. Chemical Reviews, 117 (18), 11796-11893

Reinmann, G. (2020). Forschendes Lernen – Ein Nukleus der Hochschuldidaktik. In Forschendes Lernen an Universitäten. Wiesbaden: Springer VS, 591–604

Tausch, M. W. (2004). Curriculare Innovation. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 53, 18-21

Tolsdorf, Y. & Markic, S. (2018). Participatory Action Research in University Chemistry Teacher Training. Center for Educational Policy Studies Journal, 8 (4), 89–108

Malte Diederich[1]
Simon Z. Lahme[2]
Jasper O. Cirkel[2]
Susanne Schneider[2]
Verena Spatz[1]
Pascal Klein[2]

[1]Technische Universität Darmstadt
[2]Universität Göttingen

Belastung meets Mindset – Eine Panelstudie im ersten Semester Physik

Einleitung und theoretischer Rahmen Für den erfolgreichen Einstieg in das Physikstudium spielen neben externen bzw. direkt nur schwer veränderlichen Faktoren (z. B. Studien–bedingungen, Vorwissen, kognitive Fähigkeiten) auch interne Faktoren eine Rolle (z. B. Studierverhalten, Fachidentifikation) (für ein Rahmenmodell zum Studienerfolg vgl. z. B. Thiel et al., 2008). Zu diesen internen Faktoren zählen auch das Belastungserleben (Vor–arbeiten: Cirkel et al., 2022; Lahme et al., 2022; Lahme et al., 2023) und Mindset der Stu–dierenden (Vorarbeiten: Diederich & Spatz, 2022; Diederich et al., 2023; Rehberg et al., 2023). Die Gesamtbelastung (im Folgenden GB) beschreibt dabei die subjektiven Belastungs-empfindungen der Studierenden, d. h. die wahrgenommenen Anforderungen und Sorgen sowie die erlebte Anspannung und kompensierend wirkende Freude (Fliege et al., 2001). Die populärwissenschaftlich als *Growth bzw. Fixed Mindset* (Dweck, 1999) bezeichneten im–pliziten Fähigkeitstheorien umfassen dagegen Überzeugungen über die (Nicht-)Ver–änderbarkeit von Fähigkeiten und Intelligenz. Diese hängen in vielfältiger Weise mit dem Ler–nendenhandeln und -erleben zusammen (Übersicht z. B. Dweck & Yeager, 2019) und können in bestimmten Kontexten durch kurze Interventionen positiv beeinflusst werden (z. B. Burnette et al., 2022). Zhao et al. (2023) fanden für chinesische Studierende einen Zusammen–hang zwischen geringeren fixen Überzeugungen und niedrigerem Stresserleben. Ähnlich dazu, aber spezifisch für Physikstudierende in der deutschen Studieneingangsphase untersuchen wir in dieser Arbeit, inwieweit fachspezifische fixe Überzeugungen (*fachspez. Fixed Mindset*, im Folgenden fFM) mit der von den Studierenden wahrgenommenen GB zusammenhängt. Die Vermutung ist, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen der starken Ausprägung fixer Überzeugungen und einem höheren Belastungserleben gibt.

Studiendesign und Methodik Die Fragebogenerhebung an der Universität Göttingen erfolgte im Wintersemester 23/24 im wöchentlichen Rhythmus vom Vorkurs an über das gesamte erste Semester bis in die Semesterferien hinein und wurde in einzelnen Messungen im Sommersemester fortgesetzt. Die Teilnahme erfolgte soweit möglich innerhalb der Vorlesung zur Experimentalphysik I über ein Online-Instrument. Die GB wurde über den Perceived Stress Questionaire (Fliege et al., 2001; vier Subskalen mit insgesamt 20 Items, $\alpha = .94$) zu jedem Zeitpunkt gemessen. Das fFM wurde zu insgesamt sechs Zeitpunkten (drei im Vorkurs, zwei im ersten und eine im zweiten Semester) gemessen (Diederich & Spatz, im Druck; Beispielitem: *„Ich glaube, manche Leute sind gut in meinem Studienfach und andere werden es nie richtig können, egal wie viel sie dafür lernen.“*, fünf Items, $\alpha = .82$). Insgesamt nahmen 108 Studierende an mindestens zwei fFM-Messungen teil. Als Rahmenbedingung ist dabei zu berücksichtigen, dass 68 der Studierenden im Vorkurs an einer Mindset-Onlineintervention teilnahmen (detaillierte Beschreibung in Diederich et al., 2023, als OER frei verfügbar unter https://lernbar.uni-frankfurt.de/MaDi/BesserStud).

Auswertung und Ergebnisse Für die Analyse wurde zunächst eine Einteilung der Studierenden nach ihrem fFM vorgenommen. Hierfür wurde aus den bis zu sechs Zeitpunkten des fFM ein Mittelwert für jede Person gebildet, die mindestens zweimal teilnahm. Anhand der Verteilung dieser Personenmittelwerte wurden durch eine halbe Standardabweichung ober- und unterhalb des Mittelwerts drei Gruppen gebildet: Eine *Fixed*-Gruppe mit den über das Semester stärksten fixen Überzeugungen (N = 33), eine *Growth*-Gruppe mit den geringsten fixen Überzeugungen (N = 35) sowie eine mittlere *Mixed*-Gruppe (N = 40). Abb. 1 zeigt den Prozess und die Streuung des fFM innerhalb der Personen und den drei Gruppen.

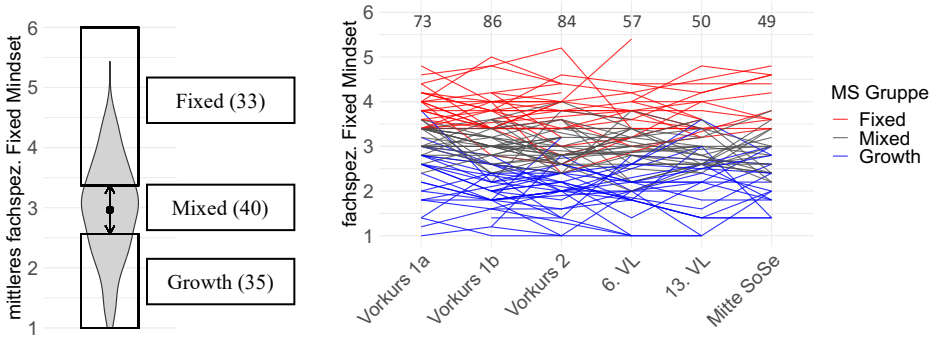


Abb. 1: Gruppenbildung über das fFM. Links: Verteilung des mittleren fFM über das Semester jeder Person, die mindestens an zwei Umfragen zum fFM teilnahm ($N = 108$). Über die Standardabweichung wurden drei Gruppen definiert (Grenzen: $\pm$ 0,5 SD um den Mittelwert), die sich in der Ausprägung des Fixed- bzw. Growth-Mindsets unterscheiden. Rechts: Interpersonal- und -gruppenspezifische Streuung im fFM über die insgesamt sechs Messzeitpunkte. Die kleinen Zahlen geben das N für jeden Zeitpunkt an. Die Skala ist Likert skaliert von 1 (geringe fixe Überzeugungen) bis 6 (starke fixe Überzeugungen).

Abb. 2 zeigt den Verlauf der GB aufgeteilt nach diesen drei Gruppen. Die GB der *Fixed*–Gruppe liegt systematisch über (oder zumindest auf Höhe) der GB der *Growth*-Gruppe. Für eine Bewertung, wie sehr sich die GB zwischen der *Fixed*- und *Growth*-Gruppe unterscheiden, wurde eine durchschnittliche Belastung für jede Person im Zeitraum von der 3. VL (Vorlesung) bis zur 1. PW (Prüfungswoche) exklusive der Ferien berechnet, also dem Zeitraum im Semester, in dem die Belastung in etwa konstant auf hohem Niveau liegt. Die Personen der *Fixed*-Gruppe berichten hier eine GB von $M = 60{,}3$ ($SD = 13{,}7$), während die Personen der *Growth*-Gruppe bei einer GB von $M = 52{,}6$ ($SD = 14{,}3$) liegen (Unterschied Cohen's $d = .54$, $p = .04$, zweiseitiger t-Test). Die *Mixed*-Gruppe liegt in der Mitte mit $M = 58{,}3$ ($SD = 10{,}3$). Hierbei unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht signifikant in ihren soziodemographischen Daten (vgl. Tab. 1).

Tab. 1 Soziodemographische Daten (M und SD in Klammern) der drei Gruppen zu Semesterbeginn (*Leistungselbsteinschätzung auf der Skala von 1 - 10, 10 am höchsten).

	% weiblich	Physik*	Mathematik*	HZB-Note	Teilnahme an Mindset Intervention
Growth (35)	26%	7,3 (1,2)	6,2 (1,7)	1,6 (0,6)	63%
Mixed (40)	10%	6,9 (1,8)	6,2 (1,8)	1,6 (0,7)	68%
Fixed (33)	18%	7,2 (1,4)	6,6 (1,9)	1,7 (0,6)	58%

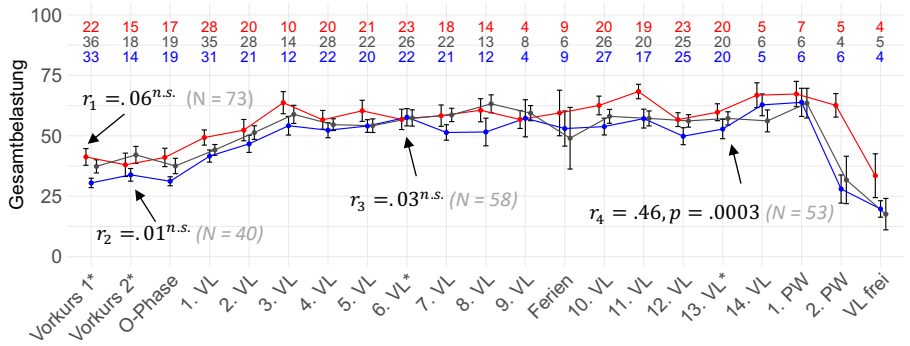


*Abb. 2: Zeitlicher Verlauf (M und SE) der GB über das 1. Semester für die drei gebildeten Mindset-Gruppen. Die Werte der Fixed-Gruppe (rot) liegen fast durchgehend über denen der Growth-Gruppe (blau). Für vier Zeitpunkte wurden Pearson-Korrelationen zwischen GB und fFM berechnet (markiert mit *). Die Belastungs-Items werden auf einer sechsstufigen Likert-Skala geratet, die resultierende GB von 0 (niedrigste GB) bis 100 (höchste GB) skaliert.*

Betrachtet man die Pearson-Korrelationen (Abb. 2) zwischen GB und fFM zu den Messzeitpunkten, an denen beide Konstrukte gemessen wurden, so ergibt sich im Vorkurs und im Dezember (6. VL) keine Korrelation, während es im Dezember (13.VL) eine hochsignifikante Korrelation gibt ($r_4 = .46,\ p = .0003$, d. h. stärkere fixe Überzeugungen korrelieren mit einer höheren GB), die auch im Juni weiterhin besteht ($r_5 = .32,\ p = .04, N = 43$).

Diskussion Die Ergebnisse zeigen mit mittlerer Effektstärke, dass Physikstudierende mit stark ausgeprägten fixen Überzeugungen ein höheres Belastungserleben über das erste Studiensemester berichten als solche mit niedrig ausgeprägten fixen Überzeugungen. Ein *Growth Mindset*, welches sich mit geeigneten Interventionen fördern lässt, geht somit mit einem tendenziell niedrigeren Belastungserleben einher. Auffällig ist dabei allerdings, dass GB und fFM in der ersten Semesterhälfte nicht signifikant korrelieren, später jedoch schon (im Dezember $r_3 = .03^{ns.}, N = 58$ und im Vergleich im Februar $r_4 = .46,\ p = .0003,\ N = 53$). Dieser Unterschied bleibt selbst bestehen, wenn nur die gleichen Personen zu beiden Zeitpunkten betrachtet werden ($r_3' = .08^{\ n.s.}\ vs. r_4' = .42,\ p = .009,\ N = 37$). Ein Erklärungsansatz könnte darüber erfolgen, dass sich die Belastungsquellen in diesem Zeitraum von Übungsblättern hin zu den anstehenden Prüfungen verschieben (Lahme et al., 2023). Gerade in Situationen mit konkretem Misserfolgspotenzial werden fixe Überzeugungen relevanter (Yeager & Dweck, 2020), da dann die als unveränderbar wahrgenommenen Grenzen der eigenen Fähigkeiten aufgezeigt werden könnten, was zu einem höheren Stresserleben führen würde. Zukünftige Studien sollten daher solche Situationen fokussieren. Die größte Limitation der Studie besteht neben der begrenzten Stichprobe in einem einzelnen Physik-Jahrgang an einer einzelnen Universität allerdings in einer möglichen Verzerrung des Zusammenhangs durch eine explizite Beeinflussung des fFM durch die Onlineintervention zu Semesterbeginn, an der 68 der 108 Studierende teilnahmen. Daher wird die Messung von GB und fFM im Wintersemester 23/24 ohne vorherige Intervention repliziert, um die gefundenen Zusammenhänge zu überprüfen. Die bisherigen Ergebnisse deuten aber darauf hin, dass eine Förderung eines fachspezifischen Growth Mindsets die wahrgenommene Gesamtbelastung der Studierenden in der Studieneingangsphase Physik reduzieren könnte, insbesondere vor Prüfungen.

Literatur

Burnette, J. L., Billingsley, J., Banks, G. C. et al. (2022). A systematic review and meta-analysis of growth mindset interventions: For whom, how, and why might such interventions work? *Psychological Bulletin*, *149*(3-4), 174–205.

Cirkel, J. O., Lahme, S. Z., Hahn, L., Schneider, S. & Klein, P. (2023): Die Belastungstrajektorie des 1. und 2. Studiensemesters Physik. In H. v. Vorst (Hg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*, 358–361.

Diederich, M. & Spatz, V. (2022). Welche Rolle spielt das Mindset beim Studienabbruch im MINT-Studium? Eine fächerübergreifende Erhebung im ersten Semester. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung virtuell 2022*, 127–135.

Diederich, M., Spatz, V., Rehberg, J. & Wilhelm, T. (2023). Weiterentwicklung einer synergetischen Mindset Intervention für die MINT-Studieneingangsphase. H. v. Vorst (Hg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*, 551–554.

Diederich, M. & Spatz, V. (im Druck). The role of domain-specific growth mindset (implicit theories) at the beginning of STEM university studies: Comparing new and old measures. *IOP Journal of Physics: Conference Series*.

Dweck, C. S. (1999): *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Philadelphia, Pa.: Psychology Press.

Dweck, C. S.; Yeager, D. S. (2019): Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on psychological Science*, *14*(3), 481–496.

Fliege, H., Rose, M., Arck, P., Levenstein, S. & Klapp, B. F. (2001). Validierung des „Perceived Stress Questionnaire“ (PSQ) an einer deutschen Stichprobe. *Diagnostica*, *47*(3), 142–152

Lahme, S. Z., Cirkel, J. O., Hahn, L., Klein, P., Langendorf, R. & Schneider, S. (2022): Belastungstrajektorie in der Studieneingangsphase Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung virtuell 2022*, 57–64.

Lahme, S. Z., Cirkel, J. O., Hahn, L., Klein, P. & Schneider, S. (2023): Belastungsquellen in der Studieneingangsphase Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover 2023*. Preprint, DOI: 10.13140/RG.2.2.11206.86084.

Rehberg, J., Wilhelm, T., Spatz, V. & Diederich, M. (2023). Längsschnittstudie und Online-Workshop zum physikspezifischen Mindset. In H. v. Vorst, (Hg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*, 358-361.

Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S. & Ficzko, M. (2008). *Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der FU Berlin: Sommersemester 2008*. Freie Universität Berlin. https://www.researchgate.net/publication/265596914

Zhao, S., Zhang, Y., Yu, C., Zhang, H., Xie, M., Chen, P., & Lin, D. (2023). Trajectories of Perceived Stress among Students in Transition to College: Mindset Antecedents and Adjustment Outcomes. *Journal of Youth and Adolescence,* 52(9), 1873–1886.

Author contributions J. O. C.: formal analysis (supporting), writing–review & editing (equal). M. D.: conceptualization (lead), data curation (supporting), formal analysis (lead), methodology (equal), visualization (equal), writing–original draft (lead), writing–review & editing (equal). P. K.: conceptualization (supporting), methodology (equal), supervision (equal), writing–review & editing (equal). S. Z. L.: conceptualization (lead), data curation (lead), formal analysis (supporting), investigation, methodology (equal), visualization (equal), writing–original draft (supporting), writing–review & editing (equal). S. S.: supervision (equal), writing–review & editing (equal). V. S.: conceptualization (supporting), funding acquisition (BmBF Project GroMM), methodology (equal), supervision (equal), writing–review & editing (equal).

Mathias Fischer[1]
Manuela Welzel-Breuer[1]
[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Naturwissenschaften & Straßenschulen: Welche Rolle spielen Lehrkräfte?

Problembeschreibung und theoretischer Hintergrund

Laut Wohnungslosenbericht gibt es in Deutschland ungefähr 89.500 wohnungslose Personen unter 25 Jahren (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2022). Ihre Schulerfahrungen werden in der Literatur als überwiegend negativ beschrieben, wobei sie von fehlender Unterstützung und Verständnis von Seiten ihrer Lehrkräfte berichten (Beierle, 2017). Die negativen Erfahrungen führen zur Abkehr vom Schulsystem. Mit ca. 30% ist die Schulabbruchsrate bei wohnungslosen Jugendlichen ungefähr fünf Mal höher als die deutsche Durchschnittsquote (Hoch, 2016; Statistisches Bundesamt, 2023). Aufgrund der entwickelten Abneigung gegen das Schulsystem werden kaum Schulabschlüsse nachgeholt, obwohl viele Jugendliche diesen Wunsch äußern (Bielert, 2006). In Deutschland wurden deswegen verschiedene Schulprojekte, sogenannte Straßenschulen, mit dem Ziel gegründet, wohnungslosen Jugendlichen hochwertige Bildungsangebote zu unterbreiten und das Nachholen von Schulabschlüssen zu ermöglichen. Hier werden die Jugendlichen auf Schulfremdenprüfungen in allen notwendigen Fächern – unter anderem auch in den Naturwissenschaften (Fischer & Welzel-Breuer, 2022) – vorbereitet. Die Quoten der bestandenen Abschlussprüfungen (durchschnittlich 88%) bezeugen, dass die Bildungsansätze aller zwölf gefundenen deutschen Straßenschulen durchaus erfolgreich sind. Da bisher wenig darüber bekannt ist, wie hochwertige (naturwissenschaftliche) Bildungsangebote für wohnungslose Jugendliche aussehen sollten (Herz, 2006), stellen Straßenschulen mit ihren Erfolgen einen wertvollen Forschungskontext dar. Weil die Qualität eines Bildungsangebots auch immer von den Kompetenzen der jeweiligen Lehrperson abhängt (Lipowsky, 2015), muss in diesem Zusammenhang u.a. die Rolle von Lehrkräften genauer untersucht werden. Lewek (2016) zeigte beispielsweise, dass Lehrkräfte eine Schlüsselposition bei der Bildungsreintegration von Schulabbrecher*innen besitzen. Diese Aufgabe ist laut Herz (2006) für Lehrkräfte jedoch oftmals herausfordernd. Folglich wollen wir beantworten, welchen Anforderungen die Kompetenzen von naturwissenschaftlichen Lehrkräften an Straßenschulen gerecht werden müssen.

Unter Kompetenzen verstehen wir dabei gemäß Weinert (2001, S. 27-28) vorhandene oder erlernbare Fähigkeiten, „um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen […] Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ Somit bestehen die Kompetenzen einer Person aus deren Wissen, Können und Handeln. Dementsprechend benötigen und nutzen Lehrkräfte bestimmte Kompetenzen, um hochwertige Lernangebote zu gestalten. Lehrerkompetenzen können hierarchisch in verschiedene Facetten aufgeteilt werden. Beispielsweise unterteilen Baumert und Kunter (2006) diese Kompetenzen in Professionswissen, Überzeugungen sowie Werthaltungen, motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten.

Forschungsmethodisches Vorgehen

Mit Hilfe einer Internetrecherche und eines Schneeballsystems suchten wir systematisch nach Straßenschulen in Deutschland. Wir fanden zwölf Schulprojekte. Von diesen beteiligten sich zehn Schulen an der Studie. Mit naturwissenschaftlichen Lehrkräften (n=14) und den

Schulleiter*innen (n=10) der Straßenschulen wurden leitfadengestützte Interviews geführt. Ein Teil des Leitfadens zielte dabei auf die notwendigen Kompetenzen von naturwissenschaftlichen Lehrpersonen in Straßenschulen ab. Außerdem analysierten wir vorhandene pädagogische Konzepte (n=7) und die Websites (n=10) der Straßenschulen. Die Interviews unterzogen wir einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) hinsichtlich der Kompetenzanforderungen an die Lehrpersonen, wobei ein hierarchisches Kategoriensystem mit drei Ebenen entstanden ist. Mit Hilfe einer Hilfskraft wurde die Intercoder-Reliabilität des Kategoriensystems überprüft. Die erhaltenen Cohens Kappa Werte liegen für alle drei Ebenen im sehr guten Bereich mit 0.80, 0.78 und 0.79 (Wirtz & Kutschmann, 2007). Danach codierten wir die gesammelten Dokumente, also Konzepte und Websites, mit Hilfe des bereits erstellten Kategoriensystems. Anschließend wurden die codierten Textstellen der Interviews und Dokumente für jede Kategorie der dritten Ebene gegenübergestellt, paraphrasiert und geclustert. Die Ergebnisse der beiden Datenquellen konnten so verglichen und ergänzt werden, was zu den Anforderungen an die Kompetenzen von naturwissenschaftlichen Lehrkräften an Straßenschulen führte.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

Aus Platzgründen beschränken wir uns auf zwei der gefundenen Kategorien zu den Anforderungen an Kompetenzen von naturwissenschaftlichen Lehrkräften in Straßenschulen. Beide Kategorien beziehen sich auf die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten.

Kategorie 1: Anforderungen an Lehrerkompetenzen – Inhaltliche Besonderheiten

Die interviewten Personen weisen darauf hin, dass die Jugendlichen ein sehr heterogenes naturwissenschaftliches Vorwissen mit häufigen Lücken besitzen. Die Heterogenität und die Lücken im Vorwissen sind das Ergebnis des zeitlich unterschiedlich gelegenen Schulabbruchs und dem jeweiligen Abstand zum letzten Schulbesuch. Allerdings führten interviewte Personen ebenso an, dass viele Jugendliche wertvolle Erfahrungen in ihrem Leben gesammelt haben, die für den naturwissenschaftlichen Unterricht von Nutzen sein können. Insbesondere beim Einstieg in ein neues Thema ist es daher sinnvoll, an schon vorhandenem individuellem Vorwissen bzw. Erfahrungen anzuknüpfen, um den Jugendlichen so ein Gefühl der Sicherheit zu geben.

Ein weiteres Ergebnis der Inhaltsanalysen ist, dass Lehrkräfte an Straßenschulen im naturwissenschaftlichen Unterricht das jeweilige Niveau der Lernangebote individuell an die Jugendlichen anpassen sollten. Die Jugendlichen sollten weder unter- noch überfordert werden. Die naturwissenschaftlichen Lehrkräfte müssen anspruchsvolle Lernsituationen kreieren, die die Jugendlichen – ganz unabhängig von ihren schwierigen Lebenslagen – herausfordern. Diese dürfen aber auch nicht überfordernd sein, weil viele Jugendliche sonst aufgrund eher geringer Selbstwirksamkeitserwartungen schnell aufgeben. Das jeweilige Anforderungsniveau der naturwissenschaftlichen Lernsituationen kann beispielsweise durch eine Anpassung des Mathematisierungs- und Abstraktionsgrads beeinflusst werden. Außerdem betonen einzelne interviewte Personen, dass ebenso das genutzte sprachliche Niveau angepasst werden muss, da den Jugendlichen bei Verständnisproblemen nicht immer die gängigen Wissensquellen, wie beispielsweise das Internet, offenstehen.

Eine weitere Anforderung an die naturwissenschaftlichen Inhalte ist, dass durch die Aufbereitung der Inhalte ein Bezug zu den Lebenswelten der Jugendlichen hergestellt werden sollte. Die Lernangebote sollten also möglichst alltagsnah für die Jugendlichen sein. Ihnen muss klar sein, was die jeweiligen naturwissenschaftlichen Inhalte mit ihren bisherigen

Lebenserfahrungen zu tun haben. So zeigt sich der Nutzen und die Bedeutung der Inhalte für ihr Leben. Gelingt den Lehrkräften dies nicht, fragen die Jugendlichen häufig, warum sie sich mit den Inhalten auseinandersetzen sollten. Damit eine Verbindung zu eigenen Erfahrungen einfacher hergestellt werden kann, sollten die Inhalte möglichst anschaulich und wenig abstrakt aufbereitet werden. Eine Passung der Inhalte an die Fragen der Jugendlichen, die ihnen beim Beobachten ihrer Umwelt kommen, kann ebenso hilfreich sein.

Kategorie 2: Anforderungen an Lehrerkompetenzen – Methodische Besonderheiten
In den Interviews und den Dokumenten wird gefordert, dass sich die Unterrichtsform sowie die genutzten Methoden und Medien an den individuellen Bedürfnissen der Jugendlichen orientieren sollen. Naturwissenschaftliche Lehrkräfte an Straßenschulen müssen also für jeden Jugendlichen individuell schauen, was diese Person braucht, um erfolgreich lernen zu können. Hierfür ist neben Flexibilität auch Kreativität nötig, um ein durch eigene Erfahrungen geprägtes Unterrichtsbild fallen zu lassen und stattdessen nach neuen Wegen zu suchen. Ziel des Unterrichts muss es sein, dass die Jugendlichen lernen können. Dafür ist ein Berücksichtigen ihrer Lerntypen, Vorlieben und vorhandenen Kompetenzen notwendig. In einzelnen Interviews wurden insbesondere frontale Unterrichtsphasen als ungeeignet für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Straßenschulen genannt. Im Zuge der Bedürfnisorientierung sind zudem kleine Lerngruppen wichtig. Andernfalls können Lehrkräfte nicht laufend alle Bedürfnisse im Blick behalten und auf diese eingehen.
Die letzte Anforderung an den naturwissenschaftlichen Unterricht ist, dass die Inhalte durch die genutzten Unterrichtsformen, Methoden und Medien möglichst praktisch und erfahrbar werden. Eine geeignete Möglichkeit für die Umsetzung dieser Forderung sind aus der Sicht der Befragten u.a. Exkursionen. Jugendliche könnten z.B. ein Wasserkraftwerk besuchen und eigene Beobachtungen machen, anstelle im Klassenzimmer nur über dessen theoretische Funktionsweise zu sprechen. Ebenso könnten Unterrichtsmethoden wie Gärtnern oder Sportübungen genutzt werden, um naturwissenschaftliche Inhalte direkt erfahrbar werden zu lassen. Laut einzelner Interviews profitieren Jugendliche davon, wenn naturwissenschaftliche Inhalte „anfassbar“ werden, zum Beispiel in Form von Originalen oder Modellen im Biologieunterricht.

Fazit
Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass naturwissenschaftlichen Lehrkräften eine wichtige Rolle bei den Bildungserfolgen von wohnungslosen Jugendlichen in Straßenschulen zukommt. Sie müssen es schaffen, die Inhalte für jeden Jugendlichen sorgfältig didaktisch zu rekonstruieren, sie relevant sowie erfahrbar werden zu lassen und einen niederschwelligen naturwissenschaftlichen Unterricht zu kreieren. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, müssen sie sich den Jugendlichen, ihren Lebenswelten und ihren Lernvoraussetzungen nicht nur öffnen, sondern diese gut kennenlernen. Sie müssen lernen, naturwissenschaftliche Inhalte aus der Sicht von Jugendlichen in instabilen Wohnsituationen zu betrachten. Beispielsweise wird eine Unterrichtsstunde zum Thema Wärmeleitfähigkeit für die Jugendlichen relevant, wenn man sich mit der Fragestellung beschäftigt, wie man sich nachts im Freien warmhalten kann. Naturwissenschaftliche Lehrkräfte sollten dabei an den Ressourcen und Perspektiven der Jugendlichen, die im Regelschulsystem häufig übersehen werden, ansetzen und diesen im Unterricht Raum geben. Nur so kann ein hochwertiger naturwissenschaftlicher Unterricht für wohnungslose Jugendliche gewährleistet werden.

Danksagung
Wir möchten der Hanns-Seidel-Stiftung danken, dass sie das Promotionsprojekt finanziell durch ein Stipendium mit Mitteln des BMBF unterstützt.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 9, 469-520. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Beierle, S. (2017). Praxisbericht zur Projektarbeit mit Straßenjugendlichen. Erkenntnisse aus den Modellprojekten des Innovationsfonds (des Kinder- und Jugendplans) im Bereich Jugendsozialarbeit (2014 - 2016). Halle / Saale: Deutsches Jugendinstitut

Bielert, D. (2006). Straßenkarrieren von Kindern und Jugendlichen: Wenn es passiert ist ...; Erklärungen aus Sicht der Jugendlichen und Hilfestellung für ihre Eltern (Dissertation). Hamburg: Universität Hamburg. https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/1484

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2022). Empirische Untersuchung zum Gegenstand nach § 8 Absatz 2 und 3 Wohnungslosenberichterstattungsgesetz. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-605-empirische-untersuchung-zum-wohnungslosenberichterstattungsgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Fischer, M. & Welzel-Breuer, M. (2022). Zur Rolle von naturwissenschaftlicher Bildung in Straßenschulen. PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1, 543-550. https://doi.org/10.25656/01:25707

Herz, B. (2006). Lernen für Grenzgänger. Bildung für Jugendliche in der Straßenszene. Münster: Waxmann

Hoch, C. (2016). Straßenjugendliche in Deutschland - eine Erhebung zum Ausmaß des Phänomens. Zwischenbericht - zentrale Ergebnisse der 1. Projektphase. Halle: Deutsches Jugendinstitut

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa

Lewek, T. (2016). Der Wiedereinstieg in unterbrochene schulische Bildungsverläufe. In L. Makrinus, K. Otremba, C. Rennert & J. Stoeck (Eds.), (De)Standardisierung von Bildungsverläufen und -strukturen. Wiesbaden: Springer VS, 139-159. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07766-2_8

Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild, & J. Möller (Eds.), Pädagogische Psychologie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 69-105

Statistisches Bundesamt (2023). Absolventen und Abgänger: Deutschland, Schuljahr, Geschlecht, Schulart, Schulabschlüsse. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?language=de&sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=21111-0004#abreadcrumb

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, 17–31

Wirtz, M. & Kutschmann, M. (2007). Analyse der Beurteilerübereinstimmung für kategoriale Daten mittels Cohens Kappa und alternativer Maße. Rehabilitation, 46, 1-8. https://doi.org/10.1055/s-2007-976535

Linda Zwick
Rita Wodzinski
Universität Kassel

Förderung des Wissenschaftsverständnisses in Schulen im SFB ELCH

Die Förderung des Wissenschaftsverständnisses ist ein erklärtes Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, das auch in den Lehrplänen der naturwissenschaftlichen Fächer zunehmend Berücksichtigung findet. Im Transferprojekt des *Sonderforschungsbereichs 1319 Extremes Licht für die Analyse und Kontrolle von molekularer Chiralität (ELCH)* sollen Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II entwickelt werden, die ein adäquates, modernes Wissenschaftsverständnis über den Einbezug aktueller Forschung unterstützen. Zentral im Projekt sind Lehrkräfte-Fortbildungen, in denen Naturwissenschaftler:innen, Lehrkräfte und Physikdidaktiker:innen gemeinsam über Unterrichtsideen und -materialien zu Nature of Science (NOS) diskutieren. In diesem Beitrag wird das Fortbildungskonzept und das damit verbundene Forschungs- und Promotionsvorhaben vorgestellt.

Ausgangssituation & Motivation

Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass viele Schüler:innen inadäquate Vorstellungen zu Nature of Science haben (Höttecke & Hopf, 2018), z. B. dazu, wie Erkenntnisprozesse in der Physik ablaufen und was physikalische Forschung kennzeichnet. Verschiedene Studien (Demirel, Sungur & Çakıroğlu, 2022; Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017) zeigen, dass diese Problematik nicht nur bei Schüler:innen vorliegt, sondern auch bei Physik-Lehrkräften.
Erste Studien (Ziepprecht, Gimbel, Frevert, Roetger, Mayer, Di Fuccia & Wodzinski, 2018; Müller, 2021; Schumacher, 2015) konnten belegen, dass das Verständnis von NOS bei Lehramtsstudierenden durch einen authentischen Kontakt mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung und durch die Vernetzung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Studieninhalte in Seminaren erweitert werden kann. Bisher ungeklärt ist, inwieweit dieses Konzept auch bei erfahrenen Lehrkräften im Rahmen einer Lehrkräfte-Fortbildung zur Förderung des Wissenschaftsverständnisses beitragen kann.

Forschungsfragen

Im Promotionsvorhaben soll daher der Frage nachgegangen werden, wie die Auseinandersetzung mit aktueller Forschung die Vorstellungen von Physik-Lehrkräften (Ph-LK) zu Nature of Science (NOS) beeinflusst (siehe Abb.1).

(TF1) **Welche Veränderungen** lassen sich nach der Lehrkräfte-Fortbildung (LK-FoBi) NOS-ELCH in Bezug auf Vorstellungen von Physik-Lehrkräften zu NOS feststellen?

(TF2) Wie beeinflussen **unterschiedliche Formen der Auseinandersetzung** mit Naturwissenschaftler:innen (NW) die Entwicklung der Vorstellungen von Physik-Lehrkräften zu NOS?

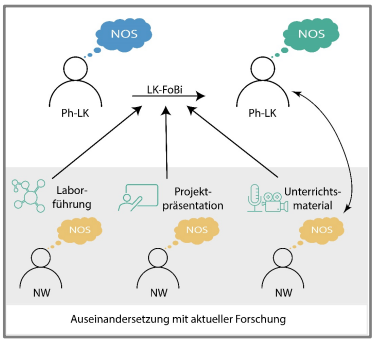


Abb. 1: Grafische Unterstützung zu den Forschungsfragen

(TF3) Wie beeinflussen sich Vorstellungen zu NOS **auf Seiten von Physik-Lehrkräften und Naturwissenschaftler:innen** in der gemeinsamen Arbeit an Unterrichtsmaterialien zur Förderung des Wissenschaftsverständnisses?

Mögliche Formen der Auseinandersetzung mit Naturwissenschaftler:innen sind z. B. persönliche Gespräche im Anschluss an Projektpräsentationen oder das Erleben der Naturwissenschaftler:innen im Labor bei Laborführungen. Darüber hinaus stellen Videoclips eine Möglichkeit zur Auseinandersetzung mit dem Alltag von Naturwissenschaftler:innen und deren Tätigkeitsfeldern dar.

Wissenschaftsverständnis und NOS

Unter dem Wissenschaftsverständnis wird nach Grygier (2005) das Metawissen über Wissenschaften verstanden. In Bezug auf die Naturwissenschaften ist die Rede von Nature of Science oder der „Natur der Naturwissenschaft". McComas & Clough (2020, S. 5) definieren NOS wie folgt: *"Nature of science is […] a description of how the scientific enterprise works. […] NOS addresses issues such as what science is, how science works […], how science impacts and is impacted by society, and what scientists are like in their professional and personal lives."* (McComas & Clough, 2020, S. 5). In der Fachdidaktik gibt es verschiedene Ansätze, NOS bzw. dessen Teilbereiche weiter auszudifferenzieren. Ein wissenschaftlicher Konsens besteht bisher jedoch nicht. Die wohl bekanntesten Ansätze sind die Auflistungen zentraler NOS-Aspekte nach Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz (2002), nach McComas & Olson (1998), nach Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl (2003) sowie der Nature-of-Whole-Science-Ansatz nach Allchin (2011) und der Family Resemblance Approach (FRA) von Erduran & Dagher (2014).

Das Fortbildungskonzept

Die Fortbildung ist als eintägige Fortbildung (8 Stunden) konzipiert, die aus einer Kombination von Input- & Diskussionsphasen sowie kommunikativen Pausen für den informellen Austausch und die Vernetzung besteht (s. Abb. 2).

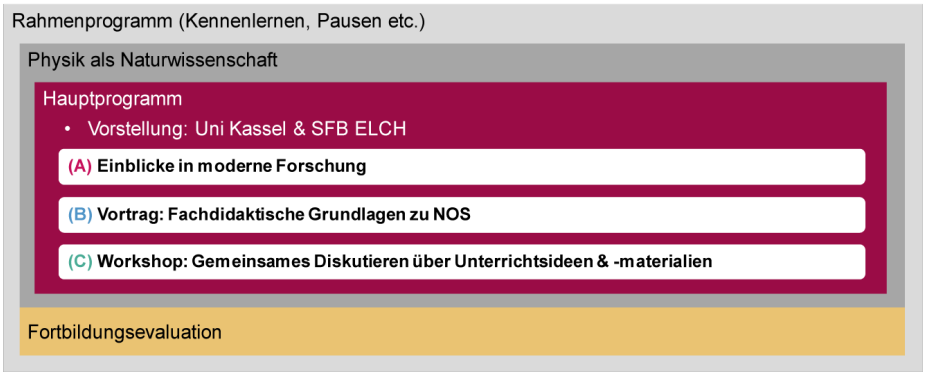


Abb. 2: Konzept der Fortbildung NOS-ELCH

Die Lehrkräfte erhalten zunächst zum Einstieg die Aufgabe, Physik als Wissenschaft zu charakterisieren. Nach einer Diskussion in Kleingruppen und im Plenum werden die Forschungsgruppen der Physik an der Universität Kassel sowie der SFB ELCH präsentiert.

Im Anschluss daran durchlaufen die teilnehmenden Physik-Lehrkräfte in Teilgruppen drei Stationen, die jeweils auf unterschiedliche Weise Einblicke in authentische, moderne Forschung gewähren:

(1) *Projektpräsentationen*:
Hier berichten Doktorierende aus dem SFB ELCH über ihre Projekte.

(2) *Laborführung*:
Es werden Einblicke in ausgewählte Versuchsaufbauten gegeben, die mit den Projektpräsentationen unter (1) in Zusammenhang stehen.

(3) *Videoclips*:
Die Videoclips zeigen bereits didaktisch aufbereitetes Material über aktuelle Forschung an der Universität Kassel.

Nach einem Vortrag zu den fachdidaktischen Grundlagen zu NOS, in dem die Lehrkräfte unter anderem dazu angeregt werden, die Rolle der Theorie und des Experimentes in ihrem Unterricht zu reflektieren, diskutieren die Lehrkräfte mit Naturwissenschaftler:innen des SFB ELCH (in neuen Kleingruppen) über Unterrichtsideen und -materialien zur Förderung des Wissenschaftsverständnisses. Den Abschluss des Fortbildungstages bilden eine Paper-Pencil Umfrage und leitfadengestützte Gruppen-Interviews.

Der Untersuchungsplan

Zur Beantwortung der Fragestellungen sollen folgende Daten erhoben werden: (i) Reflexionsbögen zur Kommentierung der einzelnen Bestandteile der Fortbildung, (ii) Videoaufnahmen der Workshop-Phasen, (iii) ein Paper-Pencil-Fragebogen und (iv) On-Demand-Video-Interviews. Video-Interviews im On-Demand-Stil sind Video-Interviews auf Abruf. Sie stellen eine asynchrone Untersuchungsmethode dar, bei der Fragen in Form eines Videos präsentiert werden und auch über Videoaufzeichnung von den Teilnehmenden einzeln beantwortet werden.

In Bezug auf die Beantwortung der Forschungsfrage TF1 sind insbesondere die On-Demand-Video-Interviews von Belang. So können die Veränderungen bzgl. der Vorstellungen zu NOS individuell in Form von retrospektiven Selbsteinschätzungen erhoben werden. Um die Nachhaltigkeit der Vorstellungsänderungen zu überprüfen, sollen die On-Demand-Videos ein zweites Mal sechs Woche nach der Fortbildung erhoben werden. Die zweite Teilfrage zielt basierend auf den Ergebnissen der ersten Teilfrage darauf ab, wie die unterschiedlichen Formen der Auseinandersetzung die Vorstellungsänderungen beeinflussen. Dazu sind Erkenntnisse aus den Video-Interviews und den Auswertungen der Reflexionsbögen zu erwarten. Wie sich die Vorstellungen zu NOS von Physik-Lehrkräften und Naturwissenschaftler:innen gegenseitig beeinflussen (TF3), soll aus den Videos der Workshop-Phase abgeleitet werden.

Literatur

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science education*, *95* (3), 518–542. https://doi.org/10.1002/sce.20432

Demirel, Z. M., Sungur, S., Çakıroğlu, J. (2022). Science Teachers' Views on the Nature of Science and its Integration into Instruction. *Science and Education*. DOI: 10.1007/s11191-022-00409-0.

Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing Nature of Science for Science Education. In S. Erduran & Z. R. Dagher (Hrsg.), *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Contemporary Trends and Issues in Science Education* (S. 1-18). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4_1

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer VS.

Grygier, P. (2005). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis im Sachunterricht der Grundschule. In M. Götz & K. Müller (Hrsg*.), Grundschule zwischen den Ansprüchen der Individualisierung und Standardisierung. Jahrbuch Grundschulforschung* (S. 215-220). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80804-2_25

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 271-287). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_13

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39* (6), 497-521.

McComas, W. F. & Clough, M. P. (2020). Nature of Science in Science Instruction: Meaning, Advocacy, Rationales, and Recommendations. In W. F. McComas (Hrsg.), *Nature of Science in Science Instruction. Science: Philosophy, History and Education* (S. 3-22). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_1

McComas, W. F. & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Hrsg.), *Nature of science in science education: rationales and strategies* (S. 41-52). Kluwer Academic Publishers: Springer.

Müller, S. (2021). *Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung.* Logos Verlag.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*., *40*, 692-720. https://doi.org/10.1002/tea.10105

Schumacher, A. (2015). *Paving the way towards authentic chemistry teaching. A contribution to teachers' professional development.* Logos Verlag.

Ziepprecht, K., Gimbel, K., Frevert, M., Roetger, R., Mayer, J., Di Fuccia, D.-S. & Wodzinski, R. (2018). Aktuelle naturwissenschaftliche Forschung in der Lehrerausbildung – erste Ergebnisse aus dem Projekt Contemporary Science. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. Regensburg: Universität Regensburg.

Daniel Römer[1]
Jan Winkelmann[1]

[1]Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Das Vertrauen von Lehramtsstudierenden in die Naturwissenschaften

Ausgangslage

Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist es ein Kernbestandteil des Bildungsauftrages von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern, Lernende im Umgang mit konkurrierenden Geltungsbehauptungen und veränderlichem Wissen vorzubereiten. Die Auseinandersetzung mit den Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnisse nimmt im naturwissenschaftsdidaktischen Diskurs eine zentrale Rolle ein (Osborne & Pimentel, 2022). Die Anerkennung wissenschaftlicher Erkenntnisse hängt dabei stark mit dem Vertrauen in das System (Wissenschaft) und dessen Akteuren zusammen. Abseits von repräsentativen Umfragen in der Gesellschaft (z.B. dem Wissenschaftsbarometer) sollte das Vertrauen in die Naturwissenschaften angehender Lehrkräfte daher differenzierter untersucht werden. Die Grundlage dafür bildet ein englischsprachiges Instrument zur Messung des Vertrauens in die Naturwissenschaften und Naturwissenschaftler:innen (Nadelson et al., 2014), welches für die deutsche Sprache adaptiert wurde. Erste Ergebnisse der Erhebung mit Lehramtsstudierenden verschiedener Fachdisziplinen sollen in diesem Beitrag vorgestellt und diskutiert werden.

Theoretischer Hintergrund

Theorien und Modellen liegen außerdem Idealisierungen zu Grunde, welche zur Folge haben, dass auch (teilweise) verfälschende Annahmen im Rahmen der Erkenntnisgewinnung legitimiert sind. Ein Bewusstsein für sowie die Reflexion über die Gültigkeit und Limitationen von Erkenntnissen ist für ein naturwissenschaftliches Grundverständnis essenziell (Gebhard et al., 2017). Dies spiegelt sich auch in den Anforderungen an naturwissenschaftlichen Unterricht wider, welche Unsicherheiten sowie die idealisierte Denkweise im Rahmen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung explizit als Diskussionsgegenstand im Unterricht fordern (KMK, 2020). Gleichzeitig werden naturwissenschaftliche Theorien und Modelle häufig als sehr robuste Konstrukte angesehen, mit denen Schüler:innen sich die Natur erklären können. Vor dem Hintergrund dieses Spannungsfeldes ist es wichtig, dass Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung geschult werden. Vor allem, wenn es um das Lernen von Inhalten innerhalb dieses Spannungsfeldes geht, ist das Vertrauen in die Wahrheit und Relevanz naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bedeutsam. In diesem Kontext kann auch von *epistemischem Vertrauen* gesprochen werden (Bromme, 2020). Auf Grund der breiten (und direkten) Zugänglichkeit zu wissenschaftlichen Erkenntnissen nimmt die Bedeutung dieses Aspektes auch weiterhin zu (Höttecke & Allchin, 2020).

Übersetzung einer Skala zum Vertrauen in Naturwissenschaften

Das *Trust in Science and Scientists Inventory* (TSSI) wurde von Nadelson et al. (2014) entwickelt, um das allgemeine Vertrauen in Naturwissenschaften zu untersuchen. Die Konzeption der Items wurde durch Wissenschaftler:innen (verschiedener MINT-Fächer) mit fachlichem und fachdidaktischem Hintergrund durchgeführt. Die Skala besteht aus 21 Items mit verschiedenen Aussagen zum Wissenschaftssystem (z.B. Item 12: Scientific theories are trustworthy) und dessen Akteur:innen (z.B. Item 2: Scientists ignore evidence, that contradicts their work; invertiert). Auf einer fünfstufigen Likertskala wird nach einer Einschätzung von „strongly agree“ bis „strongly disagree“ gefragt. Die Zielsetzung war dabei, ein breites Verständnis von Wissenschaftsvertrauen abzudecken. Die Validität der Skala wurde mit Expert:innen-Feedback sowie Diskussionsrunden mit Studierenden überprüft. Das Instrument

wurde in letzter Stufe mit 301 Bachelorstudierenden erprobt und zeigt eine hohe Reliabilität (Cronbachs α = .86) sowie gute Trennschärfen der Items (.36 bis .63).
Damit die Skala auch in deutscher Sprache sinnvoll eingesetzt werden kann, wurde von uns darauf geachtet, dass der naturwissenschaftliche Bezug nicht bei der Übersetzung verloren geht. Um das sicherzustellen, wurden bei der Übersetzung von *Science* in jedes Item explizit die Begriffe *Naturwissenschaften* (Item 12: Naturwissenschaftliche Theorien sind vertrauenswürdig) bzw. *Naturwissenschaftler:innen* (Item 2*: Naturwissenschaftler:innen ignorieren Beweise, die ihrer Arbeit widersprechen) integriert. Die übersetzten Items wurden diskutiert sowie unabhängig rückübersetzt und verglichen. Die fünf Stufen der Likertskala wurden aus dem ursprünglichen Instrument übernommen („stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll zu“).

Pilotierung der übersetzten Skala des TSSI
Die 21 übersetzten Items wurden mit Studierenden an der Pädagogischen Hochschule (PH) Schwäbisch Gmünd getestet. Die Befragung erfolgte während der Lehrveranstaltungen als online Befragung (SoSci Survey). Die Durchführung der Befragung dauerte durchschnittlich 4 Minuten (SD=1,1 Min). Als zusätzliche Variablen wurden das Geschlecht sowie Details zum Studium (Studiengang, Fach sowie Fachsemester) abgefragt. Zur Auswertung standen abschließend N=290 vollständige Datensätze zur Verfügung. Die Stichprobe teilt sich in n=108 Studierende der Sekundarstufe I (60% weiblich, 51% MINT-Schwerpunkt) und n=171 Studierende der Primarstufe (88% weiblich; 74% MINT-Schwerpunkt; k/A: n=11). Der hohe Anteil an weiblichen Studierenden, vor allem in der Primarstufe, deckt sich mit der allgemeinen Verteilung der Studierenden an der PH Schwäbisch Gmünd.

Kennwerte der Items (gesamte Skala: Cronbachs α = .86)

	MW	SD	Trenn-schärfe		MW	SD	Trenn-schärfe
Item 1	3,66	0,93	0,34	**Item 12**	3,85	0,78	0,58
Item 2	3,54	0,90	0,48	**Item 13**	2,61	1,05	0,17
Item 3	4,28	0,79	0,50	**Item 14**	4,04	0,83	0,28
Item 4	3,76	1,01	0,44	**Item 15**	3,68	0,84	0,53
Item 5	3,16	1,05	0,39	**Item 16**	3,68	0,90	0,39
Item 6	3,99	0,91	0,52	**Item 17**	3,87	0,80	0,57
Item 7	3,94	0,95	0,43	**Item 18**	3,64	0,90	0,42
Item 8	2,94	0,99	0,30	**Item 19**	3,27	0,92	0,39
Item 9	3,80	0,78	0,59	**Item 20**	3,21	1,03	0,47
Item 10	3,87	0,86	0,53	**Item 21**	4,02	0,83	0,57
Item 11	3,32	1,07	0,43				

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken der Items zum Vertrauen in Naturwissenschaften

Die 21 Items bilden eine Skala mit einer hohen Reliabilität von Cronbachs α = .86. In Tabelle 1 ist ein Überblick der Mittelwerte, der Standardabweichungen und der Trennschärfen der einzelnen Items dargestellt. Insgesamt sind die Trennschärfen der Items zufriedenstellend bis gut, lediglich das Item 13 fällt mit einer geringen Trennschärfe auf. Für eine bessere Vergleichbarkeit mit dem ursprünglichen Instrument wurde das Item trotz der geringen Trennschärfe (noch) nicht aus der Auswertung ausgeschlossen. Die hier vorgestellten Daten stellten sich als geeignet für eine Faktoranalyse heraus (KMO=0,876, p<0.001; Bartlett-Test. Chi-Quadrat(210)=1634,472; p<0.01). Eine explorative Lösung zeigte fünf Faktoren, welche sich jedoch inhaltlich nicht sinnvoll erklären lassen. Die inhaltliche Struktur der Skala sowie nachträgliche Analysen der Ursprungsdaten (Krüger et al., 2022) legen eine zweidimensionale Struktur nahe. Bei der Suche nach 2 Faktoren finden sich Subskalen mit 10 und 11 Items laden eindeutig auf jeweils einen Faktor (0.39 bis 0.75). Lediglich zwei Items (Item 3 & 21) weisen ähnliche Ladungen auf, konnten aber inhaltlich einem Faktor gut zugeordnet werden. Die beiden Subskalen adressieren einerseits das allgemeine Vertrauen in das Naturwissenschaftssystem und andererseits das Vertrauen in das direkte Handeln von Naturwissenschaftler:innen als Akteur:innen innerhalb dieses Systems. Beide Skalen weisen zufriedenstellende Reliabilitäten und Trennschärfen auf:

- Subskala 1 *„Vertrauen in das System Naturwissenschaft“ (11 Items):* Cronbachs α = .82, Trennschärfen zwischen .35 und .65
- Subskala 2 *„Vertrauen in das Handeln von Naturwissenschaftler:innen“ (10 Items):* Cronbachs α = .75, Trennschärfen zwischen .33 und .52 (Item 13: .21)

Diskussion

Das durchschnittliche Vertrauen der Gesamtstichprobe liegt bei 3,64 (SD=0,47) und damit im eher positiven Bereich. Nur 8% der Studierenden lagen im Durchschnitt unter der Mitte (3) und damit im eher ablehnenden Bereich. 27% der Studierenden liegen mit dem Mittelwert über 4. Bei der Pilotierung wurden keine Wissenskomponenten im naturwissenschaftlichen Bereich abgefragt. Diese hätten Aufschluss über Auffälligkeiten in der Trennschärft von Item 13 geben können. Das Item 13 *„Wenn Naturwissenschaftler:innen eine Hypothese aufstellen, stellen sie nur Vermutungen an*.*“ setzt voraus, dass die Teilnehmenden auch abseits von naturwissenschaftlichen Fächern ein adäquates Verständnis des Hypothesenbegriffes haben. Ein mangelndes Verständnis hierfür könnte zu einer erschwerten Beantwortung dieses Items führen.

Zusätzliche Analysen zeigen, dass sich die Skala in zwei mögliche Subskalen aufteilen lässt. Inhaltlich sind diese Analysen mit bisherigen Analysen der Daten des *TSSI* konsistent: Die Items der Kurzskala von Krüger et al. (2022) zum allgemeinen Wissenschaftsvertrauen finden sich in alle im Faktor *System* wieder. Es zeigt sich, dass die Studierenden ein signifikant höheres Vertrauen in das Handeln der Naturwissenschaftler:innen aufwiesen (MW=3,80; SD=0,53), als in das System, in dem sie agieren (MW=3,40; SD=0,52): T(289)=12,172, *p*<.001; d=0,48. Da sich beide Skalen inhaltlich dem Kontext der Naturwissenschaften zuordnen lassen, ist nicht überraschend, dass die Subskalen stark miteinander korrelieren (r=0,57; p<.01).

Ausblick

Die übersetzte Skala weist zufriedenstellende Gütekriterien auf. Außerdem kann die gefundene zweidimensionale Struktur zu einer zusätzlichen Aufklärung hinsichtlich des Vertrauens in Naturwissenschaften beitragen. In einer weitergehenden Untersuchung soll noch geklärt werden, welchen Einfluss eine geänderte Zusammensetzung invertierter Items auf die zunächst gefundene Zweidimensionalität hat, um Polungseffekte auszuschließen. Die Erhebung der Daten ist hierfür bereits in Gange. Die ins Deutsche übersetzten Items können bei den Autoren angefragt werden.

Literatur

Bromme, R. (2020). Informiertes Vertrauen: Eine psychologische Perspektive auf Vertrauen in Wissenschaft. In: M. Jungert, A. Frewer & E. Mayr (Hrsg.), *Wissenschaftsreflexion. Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis,* 105-134. Paderborn: Mentis Verlag. https://doi.org/10.30965/9783957437372_006

Gebhard et al. (2017) Pädagogik der Naturwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9_3

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. In *Science Education,* 104(4), 641–666. Wiley. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Kind, P., & Osborne, J. (2016). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? In *Science Education,* 101(1), 8–31. Wiley. https://doi.org/10.1002/sce.21251

Krüger, J. T., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2022). Trust in science and scientists among secondary school students in two out-of-school learning activities. In *International Journal of Science Education*, Part B 12(2), 111–125. Informa UK Limited. https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2045380

Nadelson, L., Jorcyk, C., Yang, D., Jarratt Smith, M., Matson, S., Cornell, K., & Husting, V. (2014). I Just Don't Trust Them: The Development and Validation of an Assessment Instrument to Measure Trust in Science and Scientists. In *School Science and Mathematics,* 114(2), 76–86. Wiley. https://doi.org/10.1111/ssm.12051

Osborne, J., & Pimentel, D. (2022). Science, misinformation, and the role of education. In *Science,* 378 (6617), 246–248. American Association for the Advancement of Science (AAAS). https://doi.org/10.1126/science.abq8093

Niklas Prewitz[1]
Katharina Groß[1]

[1]Universität zu Köln

Förderung des professionsrelevanten Fachwissens angehender Chemielehrender

Wie können konkrete Module im Fachbereich Chemie aussehen, die angehende Chemielehrende durch die Steigerung der konzeptuellen Kohärenz (Ummels et al., 2015) innerhalb der universitären Lehrerbildung in ihrer Professionalisierung (Baumert & Kunter, 2006) und ganz konkret in der Ausbildung eines Professionsrelevanten Fachwissens unterstützen? Ebenjene Frage liefert die Ausgangslage für die Konzeption eines konkreten Lehr-/Lern-Moduls für den Fachbereich Chemie (Prewitz & Groß, 2022) auf Basis eines Design-Based-Research-Ansatzes (Klinzing, 1976).

Ausgangslage

Vergleicht man die universitäre Fachdisziplin mit dem Schulfach Chemie, so zeigt sich eine stark divergente Strukturierung der Fachinhalte zwischen Universität (Vermittlung gegliedert nach historischen Disziplinen – Anorganische, Organische, Physikalische, … Chemie) und Schule (Gliederung nach progressiven, spiralcurricularen Inhaltsfeldern, die nicht mit den historischen Disziplinen deckungsgleich sind) (Bromme, 1994). Diese strukturelle Divergenz führt insbesondere im Rahmen der universitären Lehrerbildung zu Herausforderungen: Viele angehende Chemielehrende nehmen einen Bruch zwischen ihrer theoretischen, universitären Ausbildung und dem praktischen Handlungsfeld Schule wahr und sehen insbesondere im Bereich Fachwissen keine Anschlussfähigkeit ihres universitär erlernten Wissens im schulischen Kontext (Glowinski et al., 2018).
Da jedoch ebenjenes universitäre Wissen die Begründungs-, Legitimations- und auch Verständnisbasis für die schulischen Lehrinhalte darstellt, kann in ihm die notwendige Fachwissensbasis für eine lernwirksame Unterrichtsgestaltung gesehen werden (Glowinski et al., 2018; Heinze et al., 2016). Es gilt somit, das universitäre Fachwissen für den Schulkontext anschlussfähig zu machen. Dazu ist es von großer Bedeutung, die universitär erlernten Fachinhalte mit Blick auf die schulunterrichtliche Wissensstruktur über die Disziplingrenzen hinaus zu vernetzen und so in ein vollumfängliches Wissensnetz einzugliedern.

Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls – Modulphase 1

Diese Möglichkeit zur Wissensvernetzung stellt das zentrale Ziel des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls dar (Prewitz & Groß, 2022). Da auf Grund der Disziplindifferenzierung angenommen werden kann, dass dieser Vernetzungsschritt nicht implizit innerhalb der universitären Fachinhaltsvermittlung erfolgt, wurde die Methode des Concept-Mappings (CM) zur Offenlegung der fachinhaltlichen Zusammenhänge (Diederich & Mester, 2018; Dunker, 2010; Jüngst & Strittmatter, 1995) in das Design des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls (Modulphase 1 von 2) implementiert: In iterativen CM-Zyklen erhalten die Studierenden die Aufgabe, ihr Wissen zunächst innerhalb der schulrelevanten Themenfelder *Säure-Base-* und *RedOx-Chemie* und anschließend – unter Zuhilfenahme der Basiskonzepte (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2022) – zwischen den Themenfeldern zu vernetzen, um sich so Grundkonzepten und Gemeinsamkeiten bewusst zu werden. Dazu erhalten sie ein Set an Fachbegriffen zu

den Themenfeldern welches sowohl schulwissensbezogene als auch Begriffe aus dem Bereich des universitären Fachwissens enthält. Die angefertigten Concept-Maps (CMs) werden stets in Kleingruppen erklärt und diskutiert.
Begleitet wird die Arbeit an den CMs durch das Anfertigen von Prozessportfolios, in welchen die Studierenden ihre Arbeitsprozesse metaperspektivisch reflektieren und dabei Herausforderungen sowie Erkenntnisse offenlegen (Diederich & Mester, 2018; Hofmann et al., 2016; Wildt & Wildt, 2011). Die Prozessportfolios dienen als Datengrundlage für die Erfassung konkreter Herausforderungen im Vernetzungsprozess sowie für die Methodenevaluation. Dazu werden sie mittels inhaltlich strukturierender Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) unter den Forschungsfragen: „Welche Herausforderungen erkennen Studierende [im aktiven Umgang mit ihrem PrFW] bei der Strukturierung ihres Wissens in CMs?“ (FF1) und „Inwiefern kann das spezifische Vorgehen aus Reaktivierung, Restrukturierung und Verallgemeinerung mit CMs die Studierenden bei der Vernetzung ihres Fachwissens mit Blick auf die Schule [im Sinne der Ausbildung eines PrFW] unterstützen?“ (FF2) ausgewertet.

Herausforderungen der Studierenden im Prozess der Wissensvernetzung
Zur Beantwortung von FF1 erfolgt eine Auswertung der Prozessportfolios nach drei Kategorien: $K1_H$ – Schwierigkeiten im Prozess des Concept-Mappings die konkreten Fachwissenslücken resultieren (mangelndes Faktenwissen), $K2_H$ – Schwierigkeiten, die auf ein fragmentiertes Faktenwissen innerhalb eines Themenfeldes zurückzuführen sind (Fakten sind zwar bekannt, können jedoch nicht zueinander in Bezug gesetzt werden) und $K3_H$ – vernetztes Wissen im Thema, aber nicht im Gesamtzusammenhang (Parallelen zwischen verschiedenen Themenfeldern werden nicht erkannt, es können keine Grundkonzepte abgeleitet werden).
34 von 39 Studierenden nennen Herausforderungen in $K1_H$, 35 von 39 in $K2_H$ und 21 von 39 in $K3_H$, wobei die den Kategorien zu Grunde liegenden Herausforderungen progressiv und ausschließend sind: Liegen bereits Herausforderungen in $K1_H$ und/oder $K2_H$ vor, so ist eine themengebietsübergreifende Vernetzung meist nicht möglich, wodurch meist keine Aussagen zu Herausforderungen innerhalb der Kategorie $K3_H$ mehr getroffen werden.
Es zeigt sich, dass die Wissensvernetzung und damit auch die Wissensumstrukturierung mit Blick auf die Schule, die angehenden Chemielehrenden vor Herausforderungen stellt. Eine implizite Wissensvernetzung innerhalb der universitären Chemielehrerbildung kann somit nicht angenommen werden. Vor dem Hintergrund der Professionalisierung stellt dies eine ernstzunehmende Problematik dar. Kann das universitär erworbene Fachwissen nicht für den Schulkontext anschlussfähig gemacht werden, so besteht die Gefahr, dass dieses zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) wird und die angehenden Chemielehrenden keine solide Wissensbasis haben, auf der sie im Schulkontext aufbauen können. Damit fehlt die tiefergehende fachwissenschaftliche Erklärungsebene für die Schulthemen, auf derer ebenjene ihre Begründung finden und die diese strukturiert (Heinze et al., 2016).

Bedeutung des professionsrelevanten Fachwissens
Die o.g. Herausforderungen zeigen, dass die additive, disziplindifferenzierte Wissensvermittlung nicht implizit zu einer für den Schulunterricht anschlussfähigen, vernetzen Fachwissensbasis führt. Es bedarf somit einer expliziten Wissensfacette über die Vernetzung der universitären Fachwissensinhalte und deren Einordnung in den chemischen Gesamtzusammenhang, was das Erkennen zentraler, wiederkehrender Grundkonzepte ermöglicht. Diese Wissensfacette lässt sich als *Professionsrelevantes Fachwissen* (PrFW) beschreiben, da sie auf dem tief-

gehenden, universitären Wissen aufbaut und dieses mit Blick auf die schulunterrichtliche Wissensstruktur transformiert, sodass es als Grundgerüst für die Verortung der schulischen Inhalte dienen kann und damit im Sinne der Professionalisierung anschlussfähig wird. Es handelt sich somit um eine Art Strukturierungswissen (Lorentzen, 2020).

Effekte der Wissensvernetzung mittels iterativer CM-Zyklen

Die angehenden Chemielehrenden in der Ausbildung eines PrFW zu unterstützen, bildet die zentrale Zielsetzung der iterativen CM-Zyklen innerhalb der Modulphase 1 des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls. Zur Evaluation dieser Modulphase in Bezug auf die Zielsetzung, werden die Prozessportfolios hinsichtlich FF2 inhaltlich strukturierend ausgewertet. Als Grundlage dient ein deduktiv aus der konkreten Ausgestaltung der Modulphase 1 abgeleitetes Kategoriensystem, welches das Anfertigen der Themenfeld-CMs ($K1_E$), den Austausch über diese CMs mit Kommiliton:innen ($K2_E$), das Anfertigen der Themenfeld übergreifenden CMs ($K3_E$) sowie Aussagen zum Gesamtvorgehen ($K4_E$) differenziert. 27 von 29 Studierenden sehen positive Effekte, die auf das Anfertigen der Themenfeld-CMs zurückzuführen sind ($K1_E$). Hierzu zählen vor allem die Reaktivierung des zu Grunde liegenden Fachwissens („Den größten fachlichen Erkenntnisgewinn habe ich definitiv bei der Erstellung meiner eigenen CM gemacht, da ich währenddessen immer wieder Begriffe nachgeschlagen habe und somit spezifische Bedeutungen und ähnliches wieder verstanden habe.“ (SMa22W_3)) sowie die Visualisierung der Zusammenhänge („Ebenso fällt mir dank der Visualisierung durch die CM die Vernetzung und damit die Einordnung in den Gesamtkontext einfacher.“ (MK22S_13)). 29 von 39 Studierende gaben an, von den CM-Diskussionen in Kleingruppen zu profitieren ($K2_E$) („Daher kann dem Austausch innerhalb der Gruppe ein großer Mehrwert zugesprochen werden, da ich einige Lücken schließen konnte bzw. in Erfahrung bringen konnte, wo meine Lücken sind, sodass ich nun Ansatzpunkte habe, um diese nacharbeiten und schließen zu können.“ (HS22W_3)) und die meisten Studierenden nannten Effekte, die auf die Wissensrestrukturierung im Gesamtzusammenhang unter Zuhilfenahme der Basiskonzepte zurückzuführen sind ($K3_E$) („Eine solch zusammenhängende Strukturierung war bis jetzt noch nicht Teil meines Studiums und hat mir enorm geholfen, das vorhandene Wissen in meinem Kopf weiter zu vernetzen.“ (FS22S_6)). Insgesamt erkennen 38 von 39 Studierenden die Bedeutsamkeit der Betrachtung chemischer Inhalte im Gesamtkontext, insbes. in Bezug auf grundlegende, wiederkehrende Konzepte.

Die o.g. Erkenntnisse zeigen, dass das spezifische, iterative CM-Verfahren in Modulphase 1 die Studierenden in der Ausbildung eines PrFW unterstützt, wodurch positive Effekte auf die Professionalisierung angehender Chemielehrender zu erwarten sind.

Fazit

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die gegebenen Strukturen der universitären Lehrerbildung im Fachbereich Chemie zwar ein tiefgehendes universitäres Fachwissen vermitteln, dieses jedoch mit Blick auf die schulunterrichtlichen Wissensstrukturen für angehende Chemielehrende nicht anschlussfähig ist. Die Studierenden müssen somit im Sinne der Ausbildung eines Professionsrelevanten Fachwissens für die Vernetzung der erlernten Fachwissensinhalte auch über Disziplin- bzw. Themenbereichsgrenzen hinaus sensibilisiert werden. Da diese Vernetzung nicht implizit erfolgt, bedarf es Veranstaltungen, die dies explizit machen, wie etwa dem im Rahmen dieses Promotionsprojektes konzipierten Lehr-/Lern-Moduls.

Literaturverzeichnis

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Bromme, R. (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge. In R. Biehler, R. W. Scholz, R. Strässer & B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematics Education Library. Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline* (S. 73–88). Kluwer Academic Publishers.

Diederich, J. & Mester, T. (2018). Tiefenlernen durch Concept Maps mit Reflexionsanteilen. *Die Hochschullehre*, *4*(6), 227–258. http://www.hochschullehre.org/?dl_id=156

Dunker, N. (2010). *Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht [Didaktische Rekonstruktion am Beispiel des Lerngegenstandes Feuer]. 1. Aufl*. *Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion. 26*. Didaktisches Zentrum, Carl-von-Ossietzky-Univ.

Glowinski, I [I.], Unverricht, K [K.] & Borowski, A. (2018). Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext als konzeptuelle Grundlage von berufsspezifischen Anteilen des fachwissenschaftlichen Studiums sowie von Fachdidaktik und Fachwissenschaft vernetzenden Lehrveranstaltungen. In I. Glowinski, J. Gillen, A. Borowski, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 103–124). Universitätsverlag Potsdam.

Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A. & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *19*(2), 329–349. https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6

Hofmann, F., Wolf, N., Klaß, S., Grassmé, I. & Gläser-Zikuda, M. (2016). Portfolios in der LehrerInnenbildung. Ein aktueller Überblick zur empirischen Befundlage. In M. Boos, A. Krämer & M. Kricke (Hrsg.), *LehrerInnenbildung gestalten. 8. Portfolioarbeit phasenübergreifend gestalten. Konzepte, Ideen und Anregungen aus der LehrerInnenbildung* (S. 23–39). Waxmann. http://waxmann.ciando.com/ebook/bid-2180769-portfolioarbeit-phasenuebergreifend-gestalten-konzepte-ideen-und-anregungen-aus-der-lehrerinnenbildung/inhalte/

Jüngst, K. L. & Strittmatter, P. (1995). Wissensstrukturdarstellung: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz. *Unterrichtswissenschaft*, *23.* https://doi.org/10.25656/01:8129 (Unterrichtswissenschaft 23 (1995) 3, S. 194-207).

Klinzing, H. G. (1976). Die Integration von Skilltraining und Interaktionsanalyse in Kursen zum Training des Lehrerverhaltens am Zentrum für Neue Lernverfahren der Universität Tübingen. In W. Zifreund (Hrsg.), *Training des Lehrerverhaltens und Interaktionsanalyse* (S. 304–350). Beltz.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.

Lorentzen, J. (2020). *Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens*. Logos Verlag.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (2022). *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen* (1. Aufl.). *Schule in NRW: Bd. 4723*. Ritterbach.

Prewitz, N. & Groß, K. (2022). Chemie vernetzt und fachdidaktisch aufbereitet - Ein Lernmodul für Studierende. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (Vorsitz), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt.* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Aachen. https://gdcp-ev.de/tagungsbaende/tagungsband-2023-band-43/

Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, *47*(2), 78–92.

Ummels, M. H. J., Kamp, M., Kroon, H. de & Boersma, K. (2015). Promoting Conceptual Coherence Within Context-Based Biology Education. *Science Education*, *99*(5), 958–985. https://doi.org/10.1002/sce.21179

Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im „Constructive Alignment". Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, H.-P. Voss & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten [Teil] H. Prüfungen und Leistungskontrollen. Weiterentwicklung des Prüfungssystems in der Konsequenz des Bologna-Prozesses* (H 6.1, 46 S). Raabe.

Novid Ghassemi
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Ergebnisse der Begleitforschung zum Q-Masterstudium im Fach Physik an der Freien Universität Berlin

Der Q-Masterstudiengang an der Freien Universität Berlin

Der ‚Masterstudiengang für ein Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und an Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg" (kurz: ‚Q-Master') wird an der Freien Universität Berlin (FUB) seit dem Wintersemester 2016/17 als Berliner Modellversuch erprobt. Der Studiengang stellt einen nicht-grundständigen Weg in den Lehrer*innenberuf dar (vgl. Brinkmann & Müller, 2020) und wurde im Kontext des bestehenden und prognostizierten Mangels an grundständig qualifizierten (angehenden) Lehrer*innen (z. B. Klemm, 2021) eingeführt. Angeboten wird der Studiengang unter anderem für die Fächer Informatik, Mathematik und Physik.

„Der Q-Master soll Quereinsteiger*innen für den anschließenden Vorbereitungsdienst qualifizieren, so dass ihr Ausbildungsniveau dem regulärer Lehramtsstudierender entspricht […]" (FUB, 2018, S. 4). Um ebendies innerhalb von vier Hochschulsemestern zu erreichen, gelten Zulassungsbedingungen, welche eine solide, fachwissenschaftliche Vorbildung gewährleisten: Voraussetzung für die Zulassung „ist ein erster berufsqualifizierender nicht lehramtsrelevanter deutscher oder gleichwertiger ausländischer Abschluss eines Hochschulstudiums […] mit relevanten fachwissenschaftlichen Studienanteilen für zwei angebotene Studienfächer" (FUB, 2019b, S. 179). Insgesamt sind „Leistungen im Umfang von 110 Leistungspunkten, davon mindestens 20 LP im zweiten Studienfach" (ebd., S. 179f) nachzuweisen. Im Q-Master werden dann zwei Fächer studiert (FUB, 2019a, S. 269f), wobei nur noch im zweiten Fach fachwissenschaftliche Lehrveranstaltungen zu absolvieren sind. In beiden Fächern werden fachdidaktische Lehrveranstaltungen belegt. Teil des Studiums sind außerdem erziehungswissenschaftliche und sprachbildnerische Lehrveranstaltungen sowie Schulpraktische Studien (‚Praxissemester'). Die Absolvent*innen des Q-Masters können anschließend den regulären Vorbereitungsdienst im Land Berlin (oder in einem anderen Bundesland) absolvieren.

Begleitforschung im Fach Physik

Inwiefern die angestrebten Ziele hinsichtlich der Qualifikation der Absolvent*innen erreicht werden, wurde in der Begleitforschung zum Q-Master untersucht. Mit einem exemplarischen Fokus auf das Fach Physik wurde die Ausprägung und Entwicklung fachspezifischer professioneller Kompetenzen (z. B. König, 2020) längsschnittlich untersucht: Betrachtet wurden das *fachdidaktische Wissen* (*FDW*), das *Fachwissen* (*FW*) und die *fachspezifischen Lehr-Lern-Überzeugungen*.

Um entsprechende Befunde besser erklären und deuten zu können, kann die professionelle Entwicklung von (angehenden) Lehrer*innen als Angebots-Nutzungs-Zusammenhang modelliert werden (vgl. Kunter et al., 2011): Die Ausprägung und Entwicklung der professionellen Kompetenzen sind demnach als Folgen der Wechselwirkungen zwischen (1) Studieninhalten, -umfang, -struktur (und formalen Zulassungsvoraussetzungen) sowie (2) für die Kompetenzausprägung und -entwicklung relevanten, individuellen Eingangsmerkmalen der Studierenden und (3) Aspekten der individuellen Nutzung der Lernangebote zu verstehen.

Diesen Überlegungen folgend, wurden, zusätzlich zu den fachspezifischen professionellen Kompetenzen, die Eingangsbedingungen der Q-Masterstudierenden (Motive für die Berufswahl, kognitive Fähigkeiten und demografische Merkmale) und Aspekte der individuellen Nutzung des Studiums (subjektiver Nutzen der Studienbestandteile, Gelegenheiten zur Theorie-Praxis-Verknüpfung) betrachtet.
Realisiert wurde die Begleitforschung über einen Mixed-Methods-Ansatz mittels komplementär ausgerichteter Teilstudien (vgl. Kuckartz, 2014): Während die professionellen Kompetenzen quantitativ erhoben wurden (Leistungstests und Likert-Skalen), wurden die motivationalen Eingangsbedingungen und die individuellen Nutzungsaspekte über einen qualitativen Ansatz (Leitfadeninterviews) erhoben.

Ergebnisse der Begleitforschung (Auswahl)
Bei den betrachteten fachspezifischen Kompetenzen zeigen sich zwischen den Q-Masterstudierenden und den Studierenden des regulären Lehramtsmasterstudiengangs keine Unterschiede ($N_{Q\text{-}Master} = 14$; $N_{reg.\ Master} = 30$; s. ausführlich Ghassemi, 2023): Weder zum ersten Messzeitpunkt (Beginn 2. Mastersemester) noch zum zweiten Messzeitpunkt (Ende 4. Mastersemester) unterscheiden sich die Studierenden der beiden Lehramtsmasterstudiengänge im Fach Physik signifikant voneinander. Auch hinsichtlich der anhand von längsschnittlichen Daten nachvollziehbaren Entwicklung der Kompetenzen gibt es keine Hinweise auf Unterschiede. Mit den kleinen Populationen und Stichproben gehen allerdings geringe Teststärken der verwendeten Verfahren einher, sodass keine Aussagen über kleine und mittlere Unterschiede möglich sind.
Trotz dieser Einschränkung scheint es bemerkenswert, dass bereits zu Beginn des zweiten Mastersemesters (erster Messzeitpunkt) keine Unterschiede im *FDW* festgestellt werden können. Offenbar genügen das Vorwissen und die Nutzung der Lernangebote des ersten Q-Mastersemesters (2-4 fachdidaktische SWS; bis zu 20 fachwissenschaftliche SWS), damit die Q-Masterstudierenden auf einen vergleichbaren Wissensstand zu gelangen wie die Studierenden des regulären Lehramtsmasters.

Auch hinsichtlich der betrachteten, für die professionelle Entwicklung und die Bewältigung beruflicher Aufgaben relevanten, kognitiven und demografischen Eingangsbedingungen, wurden keine Unterschiede zwischen den Q-Masterstudierenden und den Studierenden des regulären Lehramtsmasterstudiengangs im Fach Physik gefunden. Es zeigte sich aber, dass die Q-Masterstudierenden deutlich älter sind und sich somit wahrscheinlich in einer anderen Lebensphase befinden und andere Formen der (finanziellen) Unterstützung benötigen.
Die Q-Masterstudierenden geben primär intrinsisch-altruistische Motive als entscheidend für ihre Umorientierung in Richtung des Lehrer*innenberufs an. Daneben scheinen auch strukturelle Motive sowie die Bedingungen der vorherigen Berufstätigkeit eine Rolle zu spielen.
Insgesamt können die betrachteten Eingangsbedingungen als günstig für die professionelle Entwicklung und die Bewältigung beruflicher Aufgaben bewertet werden (vgl. Cramer, 2016; Rothland, 2014).

Bei den betrachteten Aspekten der individuellen Nutzung der formalen Lerngelegenheiten des Studiums zeigt sich, dass die Q-Masterstudierenden die Angebote überwiegend als nützlich für die eigene professionelle Entwicklung und die Bewältigung beruflicher Aufgaben einschätzen. Dabei werden die unterschiedlichen Studienbestandteile unterschiedlich

bewertet: Während die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen und das Praxissemester sehr oft als nützlich eingeordnet werden, halten sich bei den erziehungswissenschaftlichen und sprachbildnerischen Studienbestandteilen die Wertungen (nützlich/weniger nützlich) in etwa die Waage. Für die fachwissenschaftlichen Studienbestandteile überwiegt die Einordnung als ‚weniger nützlich'. Ein Infragestellen der Relevanz fachwissenschaftlicher Inhalte für die spätere Berufstätigkeit ist bekannt (vgl. für das Fach Physik z. B. Massolt & Borowski, 2020). Ob die Relevanz dieser Studieninhalte im Zuge des Q-Masterstudiums in ausreichender Weise aufgezeigt wird und sie mit den übrigen Studienbestandteilen wahrnehmbar vernetzt werden (Canrinus et al., 2017), kann aus den Aussagen der Studierenden nicht abgeleitet werden.
Bezüglich der Möglichkeiten zur Verknüpfung von Theorie und Praxis schildern die Q-Masterstudierenden vor allem die Nutzung fachdidaktischer und allgemeindidaktischer Lehrinhalte für die Unterrichtsgestaltung und -reflexion im Praxissemester. Diese berichteten Verknüpfungen von Theorie und Praxis können als Hinweis auf einen Transfer von deklarativem Wissen zu prozeduralem Wissen und Performanz gedeutet werden (vgl. Blömeke et al. 2015; Carlson et al., 2019).

Zusammenfassung und Diskussion

Unter Beachtung methodischer und inhaltlicher Einschränkungen (s. ausführlich Ghassemi, 2023), offenbart die Begleitforschung zum Q-Masterstudium im Fach Physik an der FUB keine Unterschiede zwischen den Q-Masterstudierenden und den Studierenden des regulären Lehramtsmasters, die als bedeutsam für die professionelle Entwicklung und die erfolgreiche Bewältigung beruflicher Aufgaben bezeichnet werden müssen. Damit deuten die Ergebnisse dieser Arbeit darauf hin, dass ein wichtiges, mit der Einführung des Studiengangs verbundenes Ziel, erreicht wurde. Zudem scheinen die Ergebnisse vergleichbar zu den Ergebnissen der Evaluation des Q-Masterstudiengangs für das Grundschullehramt an der Humboldt-Universität zu Berlin (Lucksnat et al., 2022a) und Studien, welche grundständig und nicht-grundständig qualifizierte Lehrer*innen im Vorbereitungsdienst und im Beruf verglichen haben (z. B. Korneck et al., 2021; Lucksnat et al., 2022b).
Die gewonnenen Erkenntnisse stellen damit einen weiteren empirischen Bezugspunkt in der Debatte um nicht-grundständige Wege in den Lehrer*innenberuf (vgl. Porsch, 2021) dar.

Literatur

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Beyond Dichotomies. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), 3–13.

Brinkmann, B. & Müller, U. (2020). Flexible Wege ins Lehramt?! – Qualifizierung für einen Beruf im Wandel. Sonderpublikation aus dem Projekt »Monitor Lehrerbildung«. CHE Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH.

Canrinus, E.T., Bergem, O.K., Klette, K. & Hammerness, K. (2017). Coherent teacher education programmes: taking a student perspective. Journal of Curriculum Studies, 49(3), 313–333.

Carlson, J., Daehler, K.R., Alonzo, A.C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R.M., Suh, J.K., van Driel, J. & Wilson, C.D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (Hrsg.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science (S. 77–94). Singapore: Springer Singapore.

Cramer, C. (2016). Personale Merkmale Lehramtsstudierender als Ausgangslage der professionellen Entwicklung. Dimensionen, Befunde und deren Implikationen für die Lehrerbildung. In Boeger, A. (Hrsg.), Eignung für den Lehrerberuf (S. 31–56). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

FUB (2018a). K2teach-Verlängerungsantrag. Zweite Förderphase 2019 bis 2023. Freie Universität Berlin.

FUB (2019a). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt der Freien Universität Berlin.

FUB (2019b). Zugangssatzung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt der Freien Universität Berlin.

Ghassemi, N. (2023). Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik – Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung. Dissertation. Freie Universität Berlin.

König, J. (2020). Kompetenzorientierter Ansatz in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In Cramer, C., König, J., Rothland, M. & Blömeke, S. (Hrsg.), Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung (S. 163–171). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Korneck, F., Oettinghaus, L. & Lamprecht, J. (2021). Physiklehrkräfte: Gewinnung – Professionalisierung – Kompetenzen. In Habig, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik virtuelle Jahrestagung 2020 (S. 4–21). Universität Duisburg-Essen.

Klemm, K. (2021). Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. MINT-Lehrerbedarf und -angebot bis 2030/31 am Beispiel Nordrhein-Westfalens. die Ergebnisse für NRW im Überblick.

Kuckartz (2014). Mixed Methods: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 55–68). Münster: Waxmann.

Massolt, J. & Borowski, A. (2020). Perceived relevance of university physics problems by pre-service physics teachers: personal constructs. International Journal of Science Education, 42(2), 167–189.

Lucksnat, C., Fehrmann, I., Müncher, A., Pech, D. & Richter, D. (2022a). Abschlussbericht zur Evaluation des Q-Masters an der Humboldt-Universität zu Berlin. Universität Potsdam.

Lucksnat, C., Richter, E., Schipolowski, S., Hoffmann, L. & Richter, D. (2022b). How do traditionally and alternatively certified teachers differ? A comparison of their motives for teaching, their well-being, and their intention to stay in the profession. Teaching and Teacher Education, 117, 103784.

Porsch, R. (2021). Quer- und Seiteneinsteiger*innen im Lehrer*innenberuf. Thesen in der Debatte um die Einstellung nicht traditionell ausgebildeter Lehrkräfte. In Reintjes, C., Idel, T.-S., Bellenberg, G. & Thönes, K.V. (Hrsg.), Schulpraktische Studien und Professionalisierung: Kohärenzambitionen und alternative Zugänge zum Lehrberuf (S. 207–222): Waxmann Verlag GmbH.

Rothland, M. (2014). Warum entscheiden sich Studierenden für den Lehrerberuf? In Terhart, E., Bennewitz, H. & Rothland, M. (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 349–385). Münster, New York: Waxmann.

Förderung

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Martina Brandenburger[1]
Martin Schwichow[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg

Zusammenhang von Modellverständnis und Lehr-/Lernüberzeugungen von Lehrkräften

Theoretischer Rahmen Modellverständnis als Wissen und Ansichten über die Praxis des naturwissenschaftlichen Arbeitens kann als ein Teil des Wissenschaftsverständnisses von Physiklehrkräften angesehen werden. Das Wissenschaftsverständnis wiederum umfasst zwei Facetten (nach Neumann & Kremer, 2013): Wissen zu Wissenschaft als Fachwissen (*nature of science*) (Schulze Heuling et al., 2019) und Ansichten über Wissenschaft als epistemologische Überzeugungen (Priemer, 2006). Beide Facetten des Wissenschaftsverständnisses können im Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Sorge et al., 2017) verortet und mit der Unterrichtspraxis in Verbindung gebracht werden. Schulze Heuling et al. (2019) formulieren folgenden Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnis und Unterrichtspraxis: Die Art, wie man Physik als Wissenschaft und Schulfach sieht, beeinflusst die Gestaltung von Unterrichtsmethoden bzw. Lehr- und Lernformen. Bisherige Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass ein Verständnis von Naturwissenschaften als Sammlung von Faktenwissen in Beziehung mit transmissiven Lehr-/Lernüberzeugungen steht (Benson, 1989; Duschl & Wright, 1989; Brickhouse, 1990; Linder, 1992) und ein Verständnis von Naturwissenschaften als Konstruktion von Wissen in Beziehung mit einer konstruktivistischen Sichtweise zum Lernen einhergeht (Brickhouse, 1990; Staub & Stern, 2002; Tsai, 2000; Seidel et al., 2009). Der Zusammenhang wird am Beispiel einer Fallstudie von Brickhouse (1990) deutlich.

Brickhouse (1990) hat drei Lehrkräfte über vier Monate hinweg insgesamt 35h im Klassenzimmer beobachtet, ihre Materialien gesichtet und Interviews mit ihnen geführt. Ziel war es zu erheben, welche Überzeugungen Lehrkräfte hinsichtlich *nature of science* haben und wie ihre Unterrichtspraxis gestaltet ist. Brickhouse beobachtete bei zwei der Lehrkräfte (*Cathcart* und *McGee*) einen transmissiven und bei einer Lehrkraft (*Lawson*) konstruktivistischen Unterricht. Die Lehrkräfte unterschieden sich zudem in ihrem Wissenschaftsverständnis. Für *Cathcart* sind naturwissenschaftliche (nawi.) Theorien Wahrheiten, die durch Experimente aufgedeckt werden, für *McGee* gibt das Lehrbuch eine Sammlung von nawi. Fakten vor und für *Lawson* sind nawi. Theorien veränderliche Werkzeuge zur Problemlösung und Erklärung. Das Wissenschaftsverständnis kann, in Anlehnung an Neumann & Kremer (2013) bzw. Primer (2006), mit den Begriffen „absolutistisch“ (Wissen ist wahr oder falsch; *Cathcart* und *McGee*) und „relativistisch“ (Wissen steht in einem Kontext und ist veränderlich; *Lawson*) zusammengefasst werden. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass Lehrkräfte mit unterschiedlichem unterrichtlichem Handeln auch unterschiedliches Wissenschaftsverständnis aufweisen.

Lehrkräfte richten die Unterrichtspraxis in der Regel nach ihren Überzeugungen aus. Transmissive Lehr-/Lernüberzeugungen beinhalten, dass Lernen die Weitergabe von Informationen von Lehrenden an die Lernenden ist (Staub & Stern, 2002; Kunter & Pohlmann, 2015), konstruktivistische Lehr-/Lernüberzeugungen sehen Wissen als im Diskurs von Lehrenden und Lernenden aufgebaut und basiert auf individuellen konstruktivistischen Prozessen (ebd.).

In dieser Untersuchung wird das Wissenschaftsverständnis auf das Modellverständnis (Umgang mit Modellen im Schulalltag) und die Unterrichtspraxis auf die Lehr-/Lernüberzeugungen (konstruktivistisch, transmissiv) eingegrenzt. Hinsichtlich des Modellverständnisses orientieren wir uns an der Arbeit von Van Driel & Verloop (1999) mit sieben Charakteristika zu Modellen. Borrman et al. (2014) konnten aus 23 Items von Van Driel & Verloop (1999) fünf Faktoren zum Modellverständnis bei Lehrkräften identifizieren (Kommunikation und Erkenntnisgewinnung, Repräsentation, Veranschaulichung und Erklärung, Optimierungsprozess, Gültigkeit) die darstellen, wie Lehrkräfte die Charakteristika von Modellen bündeln.

Forschungsfragen. (F1) Welche Teilgruppen von Lehrerinnen und Lehrern lassen sich hinsichtlich ihres Modellverständnisses und der Lehr-/Lernüberzeugungen finden? (H1a) Es gibt distinkte Gruppen zum Modellverständnis. (H1b) Lehrkräfte tendieren eher in die eine oder die andere Richtung von Lehr-/Lernüberzeugungen (Kunter & Pohlmann, 2015). (F2) Wie lassen sich die Teilgruppen über das Modellverständnis und die Lehr-/Lernüberzeugungen charakterisieren? (H2) Es gibt einen Zusammenhang analog zu Wissenschaftsverständnis und Unterrichtsmethoden (vgl. Brickhouse, 1990; Schulze Heuling et al., 2019).

Instrumente und Methoden. Es wurden mit Fragebögen von $N = 128$ Lehrerinnen (28%) und Lehrern aus Deutschland Daten erhoben (Wider et al., 2019). 75% haben ein Studium Physik auf Lehramt absolviert und sind im Schnitt seit elf Jahren im Schuldienst (Schulform: 42% HS/WRS/RS, 5% GMS, 53% Gym; Klassenstufe mit Mehrfachnennung: 16% 5/6, 77% 7/8, 71% 9/10, 34% 11/12). Für das Modellverständnis wurden 12 Items (Auswahl aus Borrman et al., 2014 / Van Driel & Verloop, 1999) für das Teilchenmodell und das Modell der geladenen Teilchen übertragen. Kommunikation / Erkenntnisgewinnung (KE) 10 Items, $\alpha = .78$, $M = 4.61$ (0.78) „*Das Modell der elektrischen Ladung ist ein Hilfsmittel für die Beschreibung von Phänomenen, die nicht direkt beobachtbar sind.*“; Veranschaulichung / Erklärung (VE) 8 Items, $\alpha = .73$, $M = 4.63$ (0.80) „*Das Teilchenmodell ist eine vereinfachte Wiedergabe der Realität.*“; Optimierungsprozess (OP) 6 Items, $\alpha = .67$, $M = 4.66$ (0.82) „*Man versucht das Teilchenmodell so einfach wie möglich zu halten.*“. Die Skalen nach Borrman et al. (2014) wurden durch ein SEM bestätigt. Hervorzuheben ist, dass die Skalen Zustimmung messen und nicht die Qualität des Modellverständnisses. Die Lehr-/Lernüberzeugungen wurden mit 15 Items (nach Kleickmann, 2008) erhoben. Konstruktivistische Lehr-/Lernüberzeugungen (KÜ) 8 Items, $\alpha = .83$, $M = 3.44$ (0.77). Transmissive Lehr-/Lernüberzeugungen (TÜ) 7 Items, $\alpha = .78$, $M = 3.04$ (0.74). Die kontinuierlichen Skalen zum Modellverständnis (KE, VE, OP) und zu Lehr-/Lernüberzeugungen (KÜ, TÜ) wurden durch die Bildung von Terzilen in die Kategorien „hohe“, „mittlere“ und „niedrige“ Zustimmung umkodiert. Zur Findung von ähnlichen Antwortmustern wurde eine latente Klassenanalyse (LCA) mit dem R Paket poLCA durchgeführt (Linzer & Lewis, 2011; Linzer & Lewis, 2022; Brandenburger & Schwichow, 2023). So können Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Personen in den Klassen beschrieben werden.

Ergebnisse Im Rahmen der LCA wurde sich für ein Modell mit drei Klassen entschieden. Das gewählte Modell besitzt einen guten Modell-Fit (Parameter 32; log-likelihood -650.72; Treffsicherheit .84/.91/.87; Klassengröße π_C .30/.44/.25; χ^2 emp. $p = .188$; CR emp. $p = .079$; AIC 1365; BIC 1457) und findet eine Balance zwischen Einfachheit und erwartetem Erkenntnisgewinn. Um die drei Gruppen zu beschreiben, werden Muster in den Antwortwahrscheinlichkeiten (Tab. 1) untersucht. Im Rahmen des Modellverständnisses ist ein klares Muster für die höchsten Werte zu sehen, was Grundlage für die Beschreibung der Klassen ist. Klasse 1: hohe

Zustimmung, was für eine absolutistische Sicht auf Modelle spricht. Klasse 2: mittlere Zustimmung, was für eine relativistische Sicht auf Modele spricht. Klasse 3: niedrige Zustimmung, was für eine absolutistisch ablehnende Sicht auf Modelle spricht.

Modellverständnis

Klasse	Zustimmung		
	niedrig	mittel	hoch
Kommunikation / Entwicklung			
1	.00	.40	.60
2	.39	.37	.24
3	.74	.18	.09
Veranschaulichung / Erklärung			
1	.00	.32	.68
2	.21	.52	.27
3	1.00	.00	.00
Optimierungsprozess			
1	.00	.25	.75
2	.22	.62	.16
3	.73	.14	.12

Lehr-/Lernüberzeugungen

Klasse	Zustimmung		
	niedrig	mittel	hoch
Konstruktivistisch			
1	.43	.39	.18
2	.26	.25	.49
3	.58	.39	.03
Transmissiv			
1	.20	.55	.26
2	.47	.29	.25
3	.15	.48	.37

Klasse 1: absolutistisch +; 33% der Lehrer
Klasse 2: relativistisch; 40% der Lehrer
Klasse 3: absolutistisch –; 27% der Lehrer

Tab. 1 Antwortwahrscheinlichkeiten für die Skalen; höchste Werte pro Klasse hervorgehoben

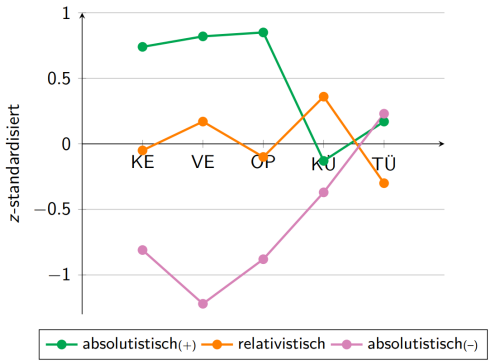


Abb. 1 Vergleich Mittelwerte der Skalen

Für eine Beschreibung der Teilgruppen wurden die Mittelwerte der Skalen in den Klassen bestimmt und bezogen auf alle *z*-transformiert (Abb. 1). (F1) Im Modellverständnis bestätigt eine ANOVA klare Unterschiede zwischen den gefundenen Klassen (KE: $F(2, 125) = 35.72$, $p < .001$; $\eta^2 = .36$, großer Effekt; VE: $F(2, 125) = 112.39$, $p < .001$; $\eta^2 = .64$, großer Effekt; OP: $F(2, 125) = 53.27$, $p < .001$; $\eta^2 = .46$, großer Effekt) (H1a ✓). Bei den Lehr-/Lernüberzeugungen ist wie erwartet zu erkennen, dass die Lehrkräfte einer Klasse zu transmissiven oder konstruktivistischen Überzeugungen tendieren (H1b ✓). (F2) Es zeigen sich Unterschiede der Klassen bei konstruktivistischen und transmissiven Überzeugungen (KÜ: $F(2, 125) = 6.61$, $p = .002$; $\eta^2 = .10$, mittlerer Effekt; TÜ: $F(2, 125) = 4.00$, $p = .021$; $\eta^2 = .06$, mittlerer Effekt). Eine relativistische Auffassung von Modellen steht in Beziehung zu konstruktivistischen Überzeugungen (Klasse 2) und absolutistische Auffassungen von Modellen steht in Beziehung zu transmissiven Überzeugungen (Klasse 1 und 3) (H2 ✓).

Diskussion und Ausblick Die vorgestellte Studie konnte einen quantitativen Zusammenhang zwischen Modellverständnis und Lehr-/Lernüberzeugungen darlegen. Es konnte hierbei gezeigt werden, dass für das facettenreiche Konstrukt des Modellverständnisses distinkte Gruppen gebildet werden können. Als Implikation für die Lehrerbildung kann festgehalten werden, dass Wissenschaftsverständnis und Lehr- / Lernüberzeugungen nicht unabhängig voneinander betrachtet oder vermittelt werden können, sondern wechselseitig zueinander in Beziehung stehen. Ausgehend von den gefundenen Zusammenhängen sind weitere Untersuchungen zu Beziehungen zur Unterrichtspraxis und dem Schüler-Outcome nötig.

Literatur

Benson, G. D. (1989). Epistemology and science curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 21(4):329–344.

Borrman, J. R., Reinhardt, N., Krell, M., & Krüber, D. (2014). Perspektiven von Lehrkräften über Modelle in den Naturwissenschaften: Eine generalisierende Replikationsstudie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 13:57–72.

Brandenburger, M. & Schwichow, M. (2023). Utilizing Latent Class Analysis (LCA) to Analyze Response Patterns in Categorical Data. In Liu, X. & Boone, W. J. (Hrsg.), *Advances in applications of Rasch measurement in science education*. Springer International Publishing.

Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3):53–62.

Duschl, R. A. & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6):467–501.

Kleickmann, T. (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer*. Inaugural-Dissertation, Münster.

Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In *Pädagogische Psychologie*, S. 261–281. Springer, Berlin.

Linder, C. J. (1992). Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics? *International Journal of Science Education*, 14(1):111–121.

Linzer, D. A. & Lewis, J. B. (2011). poLCA: An R Package for polytomous variable latent class analysis. *J. Stat. Softw.*, 42(10).

Linzer, D. A. & Lewis, J. B. (2022). *poLCA: Polytomous Variable Latent Class Analysis. R package version 1.6*.

Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19:209–232.

Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12:159–175.

Schulze Heuling, L., Mikelskis-Seifert, S., & Nückles, M. (2019). Zur Interdependenz von Wissenschaftsverständnissen und Unterrichtsmethoden anhand deutschsprachiger Physiklehrkräfte. In Leuders, T., Nückles, M., Mikelskis-Seifert, S., & Philipp, K. (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften*, S. 151–180. Springer, Wiesbaden.

Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2009). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In Meyer, M. A., Prenzel, M., & Hellekamps, S. (Hrsg.), *Perspektiven der Didaktik*, S. 259–276. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2017). Die Modellierung und Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. In Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik*, Studien zum Physik- und Chemielernen, S. 21–37. Logos Berlin, Berlin.

Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2):344–355.

Tsai, C.-C. (2000). Relationships between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments. *Educational Research*, 42(2):193–205.

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' Knowledge of Models and Modelling in Science. *International Journal of Science Education*, 21(11):1141–1153.

Wider, V., Schwichow, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2019). Diagnostizieren von Modellvorstellungen im Physikunterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*, S. 830–833. Universität Regensburg.

Benjamin Pölloth
Stefan Schwarzer
Eberhard Karls Universität Tübingen

Mit Stop-Motion-Animationen Vorstellungen zu Mechanismen analysieren

In den Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife der Kultusministerkonferenz (2020) nehmen Reaktionsmechanismen der organischen Chemie (wieder) eine zentrale Rolle im Basiskonzept „Chemische Reaktion“ ein. Die Behandlung einer Reihe von Reaktionsmechanismen wird verbindlich vorgeschrieben, unter anderem die nucleophile Substitution. Empirische Befunde aus der Hochschuldidaktik legen jedoch nahe, dass das Lernen von Reaktionsmechanismen häufig zum Auswendiglernen statt zum Konzeptverständnis führt (Grove & Bretz 2010) und vielen Studierenden der Nutzen von Reaktionsmechanismen unklar ist (Anderson & Bodner 2008). Es stellt sich also die Frage, wie die Behandlung von Reaktionsmechanismen im Chemieunterricht nachhaltig Prozessorientierung und mechanistisches Denken fördern kann (Graulich & Schween 2017; Pölloth & Schwarzer 2023).

Theoretischer Hintergrund

Reaktionsmechanismen beschäftigen sich mit der Frage nach dem „Wie und Warum“ chemischer Reaktionen und führen diese auf Interaktionen zwischen Entitäten zurück (Graulich 2023). Das dafür benötigte mechanistische Denken ist nicht nur für chemische Reaktionen wichtig, sondern im Allgemeinen für die Konstruktion von wissenschaftlichen Erklärungen (Cooper 2015; Andrade, Shwartz, Freire & Baptista 2022). Dabei ist es zentral, an das Vorwissen und die Vorstellungen der Lernenden anzuknüpfen (Cooper 2014). Hammer, Elby, Scherr & Redish (2005) gehen davon aus, dass das Vorwissen von Lernenden aus vielfältigen, locker verknüpften und in sehr verschiedenen Zusammenhängen erworbenen Ideen („Ressourcen“) aufgebaut ist. In Problemlösesituationen greifen Lernende deshalb selten auf *ein* festes, kohärentes (Fehl-)Konzept zurück, sondern aktivieren abhängig vom Kontext verschiedenste Ressourcen. In der Lehrpraxis muss deshalb „*in situ“* analysiert werden, welche Ressourcen von den Lernenden im spezifischen Kontext aktiviert wurden (diSessa 2014). Eine Möglichkeit für eine solche Analyse von Lernendenvorstellungen stellen *Stop-Motion-Animationen* (SMA) dar (z.B. Farrokhnia, Meulenbroeks & van Joolingen 2020; Orraryd & Tibell 2021).

Forschungsfragen

Anhand der folgenden Fragen soll exemplarisch untersucht werden, inwiefern mit Hilfe von SMA Lernendenvorstellungen über Reaktionsprozesse analysiert werden können:

1. Wie stellen sich Oberstufenschüler:innen der Chemie intuitiv den Reaktionsprozess von nukleophilen Substitutionsreaktionen vor?
2. Welche Ressourcen aktivieren Schüler:innen, um die Wahrscheinlichkeit verschiedener Reaktionswege der nukleophilen Substitution zu bewerten?

Methodik

In einem qualitativen Forschungsdesign wurden 55 Schüler:innen der Klassenstufe 11 – 13 an baden-württembergischen allgemeinbildendenden und beruflichen Gymnasien im Schülerlabor befragt (Pölloth, Schäffer & Schwarzer 2023). Schüler:innen wurde ein einfaches Knetmodell von Brommethan und eines Hydroxid-Ions vorgelegt und sie wurden aufgefordert,

SMA zu erstellen, in denen Schritt für Schritt dargestellt wird, wie die Edukte zu den Produkten reagieren. In 23 Gruppen erstellen die Lernenden dabei 32 SMA. Die SMA wurden in Einzelbilder aufgeteilt und die Abstände zwischen den Knetkugeln wurde jeweils geometrisch bestimmt. Auf der Basis dieser normierten Abstände wurden die SMA verschiedenen Hauptkategorien zugeordnet.
Danach wurden vorgefertigte SMA der zwei Textbuch-Mechanismen S_N1 und S_N2 (Schmuck 2018) von Schüler:innen schriftlich bewertet. Die Bewertungen der Schüler:innen wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet, dabei ergab sich eine gute Intercoder-Reliabilität mit einem Cohen‘s Kappa von $\kappa = 0.72$.
Durch eine Lehrkräftefragebogen wurde ferner sichergestellt, dass die Schüler:innen der Stichprobe bisher noch keine Reaktionsmechanismen im Schulunterricht besprochen hatten.

Ergebnisse und Diskussion
Schüler:innengenerierte SMA. In den SMA wurden fast ausschließlich die drei Grundbewegungen beobachtet, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Es zeigt sich, dass die beiden Grundtypen [AB]/[AX] und [BA]/[BX]) fast gleich häufig dargestellt werden.

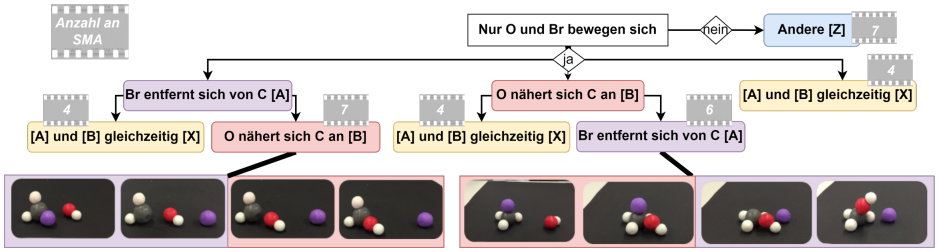


Abbildung 1: Kategorisierung der schülergenerierten SMA inkl. Ausschnitten repräsentativer SMA. Entsprechend der Legende bezeichnet „Br“ die violette Kugel, „O“ die rote Kugel und „C“ die graue Kugel (Pölloth, Schäffer & Schwarzer 2023)

Auch die fachwissenschaftlichen Textbuchmechansimen lassen sich in Kategorie [AB] (S_N1) bzw. Kategorie [BX] (S_N2) einordnen. Während also beide möglichen Grundtypen der Grenzmechanismen von Schüler:innen dargestellt wurde, zeigen sich einige zentrale Unterschiede. Im S_N1-Mechanismus entsteht durch Bewegung der H-Atome ein trigonal-planares Carbokation als Intermediat. In allen schülergenerierten SMA dieser Kategorie wird die Position der Wasserstoffatome dagegen nicht verändert. In einer S_N2-Reaktion findet ein Rückseiten-Angriff des Nucleophils statt, so dass im Übergangszustand das angreifende Nukleophil *und* die Abgangsgruppe mit dem zentralen Kohlenstoffatome über eine schwache (3-Zentren-2-Elektronen-)Bindung wechselwirken. Während Schüler:innen zwar häufig eine Art Intermediat mit fünf Bindungen am Kohlenstoffatom darstellen, wurde nie ein Rückseitenangriff gezeigt. Ebenso gibt es keine Andeutung „geschwächter“ Bindungen im Übergangszustand, die das Knetmodell z.B. durch längere Abstände ermöglichen würde. Insgesamt neun Gruppen erstellten auch mehr als ein Video. Keine dieser Gruppen modellierte dabei jedoch eine S_N1-artige und eine S_N2-artige SMA.
Bewertung der vorgefertigten Textbuch-SMA 79 % der Schüler.innen bewerteten die SMA der Textbuch-S_N2-Reaktion als wahrscheinlicher; kein:e Schüler:in argumentierte, dass beide Mechanismen möglich sein könnten. Dabei argumentierten Schüler:innen am häufigsten mit Plausibilität (insgesamt 25 Codes), die mit Talanquer (2006) als *commonsense chemistry* bezeichnet werden können. Schüler:innen verwiesen dabei z.B. auf fehlende Ursachen: *„Video 2*

[S_N2-SMA] ist wahrscheinlicher, da in Video 1 [S_N1-SMA] sich das Bromid ohne Grund abspaltet und erst anschließend, sich die das Hydroxid bindet.“ Fast genauso häufig (23 Codes) argumentierten Schüler:innen mit chemischen Bindungen. Besonders oft wurde dabei auf „freie“ oder „besetzte“ Bindungen verwiesen, z.B. sei in einem S_N2-Mechanismus „*keine Bindung frei, bis das Brom weg war.“* Interessanterweise wurde dasselbe Argument auch verwendet, um für S_N2-Reaktionen zu argumentieren, da „*durch das Hinzufügen der Hydroxy-Gruppe das C-Atom zu viele Bindungen eingeht und deshalb das Br abspalten muss“.* Auch Wechselwirkungen zwischen den Entitäten wurden relativ häufig (21 Codes) genannt, z.B. dass *„OH^- stark negativ ist und das Bromatom somit abstößt.“* 17 Argumente wurden in weiteren Kategorien eingeordnet. Dabei ist auffällig, dass in der ganzen Stichprobe nur einmal auf energetische Aspekte verwiesen wurde.

Limitationen

Die vorgestellte Studie untersucht die erste Begegnung von Schüler:innen mit Reaktionsmechanismen. Deshalb müssen viele zentrale Aspekte (z.B. Einfluss von Substituenten, Lösungsmitteleffekte) vernachlässigt werden.

Das verwendete Knetstoffmodell stellt eine sehr stark vereinfachte Modellierung der Teilchenebene dar. Für die mechanistische Erklärung von Reaktionsmechanismen ist eine Argumentation auf der elektronischen Ebene nötig, die mit dem verwendeten Modell nicht möglich ist. Es sollte jedoch beachtet werden, dass insbesondere gängige Kugel-Stab-Modelle die Darstellung der für nucleophile Substitutionsmechanismen nicht erlauben.

Im Projekt wurden nur die Ergebnisse (SMA), aber nicht die Modellierungsprozesse der Schüler:innen untersucht. Die Analyse der Modellierungsprozesse könnte noch tiefere Einblicke in die Denkprozesse der Schüler:innen ermöglichen (Orraryd & Tibell 2021).

Diskussion und Implikationen

Die vorliegende Ergebnisse zeigen, dass viele Schüler:innen schon vor ihrem ersten Kontakt mit klassischen organischen Reaktionsmechanismen in der Lage sind, Hypothesen über Reaktionsprozesse aufzustellen und mechanistisch zu argumentieren. Sie beziehen sich dabei auch auf Entitäten, die nicht im Modell sichtbar sind, wie z.B. chemische Bindungen oder Wechselwirkungen. In Übereinstimmung mit der Ressourcentheorie zeigt sich, dass Schüler:innen diese Argumente nicht kohärent verwenden, sondern häufig „on the fly“ eine Begründung konstruieren (Macrie-Shuck & Talanquer 2020).

Sowohl in den erstellten SMA als auch in den Argumentationsmustern wird deutlich, dass Lernendenvorstellungen zur chemischen Bindung häufig nicht produktiv für mechanistische Argumentationen genutzt werden. Sehr häufig deuten die Argumente der Schüler:innen auf ein statisches Verständnis von chemischen Bindungen an, die stark an die Darstellung von Bindungen in klassischen Kugel-Stab-Molekülbaukästen erinnern (Zohar & Levy 2019; Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein & Krajcik 2007). Auch Ressourcen zu energetischen Aspekten sollten gezielt im Unterrichtsverlauf aktiviert werden, da Schüler:innen diese fast immer in ihren Argumentationen vernachlässigen (Pölloth, Diekemper & Schwarzer 2023).

Zusammenfassend zeigen die vorliegende Auswertungen am Beispiel des Reaktionsmechanismus der nucleophilen Substitution, wie SMA genutzt werden können, um die aktivierten Ressourcen von Schüler:innen zu analysieren. Dadurch kann zum einen in der Lehre an vorhandenen Wissenselementen angeknüpft werden, zum anderen wird auch deutlich in welchen Bereichen weitere kognitive Ressourcen gezielt getriggert oder aufgebaut werden sollten, um eine tiefergehende mechanistische Argumentation zu ermöglichen.

Literatur

Anderson, T.L. & Bodner, G.M. (2008). What can we do about 'Parker'? A case study of a good student who didn't 'get' organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *9*(2), 93–101.

Andrade, V., Shwartz, Y., Freire, S. & Baptista, M. (2022). Students' mechanistic reasoning in practice: Enabling functions of drawing, gestures and talk. *Science Education*, *106*(1), 199–225.

Cooper, M.M. (2014). Evidence-based reform of teaching and learning. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *406*(1), 1–4.

Cooper, M.M. (2015). Why Ask Why? *Journal of Chemical Education*, *92*(8), 1273–1279.

diSessa, A.A. (2014). The construction of causal schemes: learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science*, *38*(5), 795–850.

Farrokhnia, M., Meulenbroeks, R.F.G. & van Joolingen, W.R. (2020). Student-Generated Stop-Motion Animation in Science Classes: a Systematic Literature Review. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(6), 797–812.

Graulich, N. (2023). Reaktionsmechanismen beschreiben, erklären und vorhersagen. Mechanistisches Denken - oder die Frage nach dem Wie und Warum chemischer Reaktionen. *Naturwissenschaft im Unterricht Chemie,* (195), 7-11.

Graulich, N. & Schween, M. (2017). Carbenium-Ionen – Schlüsselstrukturen für prozessorientierte Betrachtungen organisch-chemischer Reaktionen. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, *66*(1), 24–28.

Grove, N.P. & Bretz, S.L. (2010). Perry's Scheme of Intellectual and Epistemological Development as a framework for describing student difficulties in learning organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *11*(3), 207–211.

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R.E. & Redish, E.F. (2005). Resources, framing, and transfer. In Mestre, J. (Hrsg.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective* (S. 89–120). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung,* Weinheim: Beltz.

Kultusministerkonferenz (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*.

Macrie-Shuck, M. & Talanquer, V. (2020). Exploring Students' Explanations of Energy Transfer and Transformation. *Journal of Chemical Education*, *97*(12), 4225–4234.

Nahum, T.L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, *91*(4), 579–603.

Orraryd, D. & Tibell, L.A.E. (2021). What can student-generated animations tell us about students' conceptions of evolution? *Evolution: Education and Outreach*, *14*(1).

Pölloth, B., Diekemper, D. & Schwarzer, S. (2023). What resources do high school students activate to link energetic and structural changes in chemical reactions? – A qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, *24*(4), 1153–1173.

Pölloth, B., Schäffer, D. & Schwarzer, S. (2023). Using Stop Motion Animations to Activate and Analyze High School Students' Intuitive Resources about Reaction Mechanisms. *Education Sciences*, *13*(7), 759.

Pölloth, B. & Schwarzer, S. (2023). Reaktionsmechanismen in der Schule: eine On-Off-Beziehung - Fachliche und schulpraktische Perspektiven auf einen neuen alten Lerngegenstand. *Naturwissenschaft im Unterricht Chemie* (195), 2-6.

Schmuck, C. (2018). *Basisbuch Organische Chemie,* Hallbergmoos: Pearson Education.

Talanquer, V. (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, *83*(5), 811.

Zohar, A.R. & Levy, S.T. (2019). Students' reasoning about chemical bonding: The lacuna of repulsion. *Journal of Research in Science Teaching*, *56*(7), 881–904.

Kerstin Gresens[1]
Hendrik Härtig[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Analyse von Hürden bei der Bearbeitung von Aufgaben mit einzelnen Repräsentationen

Einleitung

Repräsentationen, wie z. B. Diagramme oder Bilder, finden im Unterricht häufig Einsatz, um Konzepte zu verdeutlichen (Ainsworth, 2008) oder Problemstellungen zu behandeln (Corradi et al., 2012). Hierbei werden besonders häufig multiple Repräsentationen (mR), also die Kombination von mindestens zwei Repräsentationen, eingesetzt. Allerdings empfinden viele Lernende die Arbeit mit mR als schwierig (Ainsworth, 1999). Ein möglicher Grund könnte sein, dass zum Lernen mit mR zunächst jede einzelne Repräsentation verstanden werden muss, sowie ihre jeweiligen Konventionen (Ainsworth, 2006). Ein erstes Ziel des Projekts ist daher die Identifikation von Hürden bei der Nutzung einzelner Repräsentationen in der 9. Klasse. Eine Möglichkeit ist die Abhängigkeit des Verständnisses vom Vorwissen. Durch fehlendes Vorwissen wird häufig nur eine oberflächliche Verarbeitung vorgenommen (Ainsworth, 2006, 2008). Problematisch ist, dass Personen dies nicht explizit kommunizieren können (Hemmecke, 2012). Daher ist das zweite Ziel die Untersuchung der Wahrnehmung von RF durch Lernende. Dies führt zu den Forschungsfragen:

FF1: Welche Hürden ergeben sich bei der Nutzung von einzelnen Repräsentationen?
FF2: Entlang welcher Charakteristika nehmen Lernende RF wahr?
FF3: Inwieweit hängen die oberflächlichen Charakteristika mit den Hürden zusammen?
FF4: Inwieweit zeigen sich Einflüsse des Interesses und/oder des Fachwissens?

Diese sollen mit einer qualitativen Auswertung des Lauten Denkens und der Repertory Grid Technik beantwortet werden. Der Beitrag fokussiert auf FF2 und FF4.

Methode

Die Erhebung wurde mit 35 Lernenden der 9. Klasse aus zwei Gymnasien in NRW durchgeführt.

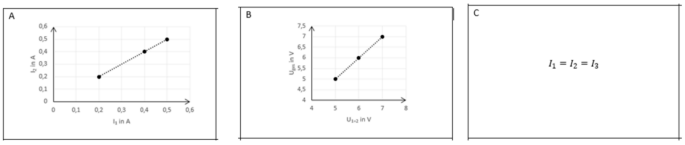
Die Wahrnehmung wird mittels sogenannter Repertory Grid Technik (RGT) untersucht. Bei der RGT handelt es sich um eine kognitive Kartierungstechnik, die zu beschreiben versucht, wie Menschen über Phänomene in ihrer Welt denken (Gardiner et al., 2021; Tan & Hunter, 2002). So wird es ermöglicht, wahrgenommene Charakteristika zu erheben (Hemmecke, 2012). Dies beruht darauf, dass jede Erfahrung die Wahrnehmung eines Menschen und damit z. B. die Charakterisierung der RF, beeinflussen kann (Gerber et al., 1995).

Die Erhebung wird als partielle Methode durchgeführt. RF werden als Elemente vorgegeben und wahrgenommene Charakteristika als Konstrukt vom Probanden aufgestellt. (Tan & Hunter, 2002). Die Erhebung findet in zwei Schritten statt. Als erstes werden mit den 10 vorgegebenen Elementen (Diagramm, Tabelle, Formel, Bild, Schaltskizze je für Spannung und Stromstärke) die Konstrukte festgelegt, indem Triaden (3 Elemente) gezogen und sortiert werden. Zwei Elemente werden aufgrund einer Gemeinsamkeit gruppiert, in der sich das dritte Element unterscheidet. Die Gemeinsamkeit und der Unterschied werden als Konstrukt im Grid festgehalten. Im zweiten Schritt werden alle Elemente anhand der aufgestellten Konstrukte auf einer 5-stufigen Likertskala bewertet (Abbildung 1).

Zur Auswertung der RGT können drei Ansätze genutzt werden (Hemmecke, 2012). Als Erstes kann eine inhaltliche Beschreibung der einzelnen Grids erfolgen. Neben der Beschreibung der Elemente kann eine Charakterisierung der Konstrukte durchgeführt werden. Als Zweites kann eine Analyse der Beziehungen innerhalb eines Grids durch eine Clusteranalyse durchgeführt

werden, um die persönliche Strukturierung darzustellen. Als dritter Ansatz können mehrere Grids und deren Ergebnisse verglichen werden.

Phase 1: Triadenerhebung



A, B: Diagramm
C, D: Formel
E,F: Tabelle
G,H: Schaltskizze
I,K: Bild

Phase 2: Bewertung im Grid

Kombi	Gemeinsamkeit (2)	Unterschied (-2)	Weitere Kombis	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
A, B, C	Diagramm	Formel		2	2	-2	-2	1	1	0	0	0	0
A, B, **C**	Stromstärke	Spannung		2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2

Abb. 1: Ausgewählte Triade mit möglichen Konstrukten und entsprechender Bewertung

Das Interesse wurde mittels fünf Items eines bestehenden Fragebogens zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (Rheinberg et al., 2001) erhoben und auf das Themengebiet der Elektrizitätslehre angepasst (Cronbachs Alpha=.829). Die 16 Items des Fachwissenstests wurden selbst entwickelt (Cronbachs Alpha=.748). Der Vergleich beider Schulen zeigte keinen signifikanten Unterschied beim Interesse ($t(33)=1.462$, $p=.153$), aber einen signifikanten Unterschied im Fachwissen ($t(33)=6.456$, $p<.000$). Es besteht kein Zusammenhang von Fachwissen und Interesse ($r=.307$, $p=.073$).

Ergebnisse

Der Vergleich innerhalb eines Grids wird an den vorgegebenen Elementen durchgeführt und lässt sich in zwei Schritte aufteilen. So kann zunächst bestimmt werden, welche Elemente vom Lernenden als ähnlichste gesehen werden (Abbildung 2, blau umrandet). Dazu werden die Verbindungen mit den höchsten prozentualen Übereinstimmungen betrachtet. Hierbei kann zwischen einer Betrachtung auf Ebene der Repräsentationsform (z. B. Diagramm mit Diagramm) und auf fachlicher Ebene (z. B. Diagramm und Tabelle je für Spannung und Stromstärke) unterschieden werden. Wenn man diese über alle Lernenden aufsummiert, sieht man, dass hauptsächlich eine Betrachtung auf Ebene der Repräsentationsform erfolgt.

Im zweiten Schritt werden die relevanten Cluster betrachtet (Abbildung 2, orange umrandet). Diese werde im Programm GridSuite anhand der z-Werte bestimmt, indem die Cluster mit den größten z-Werten, sofern sie größer 2.0 sind, ausgewertet werden. Für das Bespiel in Abbildung 2 ergibt sich somit die Gruppe BS, DTF.

Diese Gruppen bieten den Ausgangspunkt für den überindividuellen Vergleich. Durch die Betrachtung der relevanten Cluster können in der Stichprobe acht Gruppen identifiziert werden, die sich wiederum in 3 Blöcke zusammenfassen lassen (Tabelle 1).

Der Block 1 zeichnet sich durch eine Trennung von mathematischen und grafischen Elementen aus. Im Block 2 hingegen werden grafische und mathematische Elemente teilweise vermischt. Der dritte Block zeigt die beiden Extreme: Zum einen Lernende, die zwei große unstrukturierte Cluster haben und zum anderen die Lernenden, bei denen die Betrachtung der einzelnen Konstrukte sinnvoll ist, aber keine Verallgemeinerung sinnvoll ist.

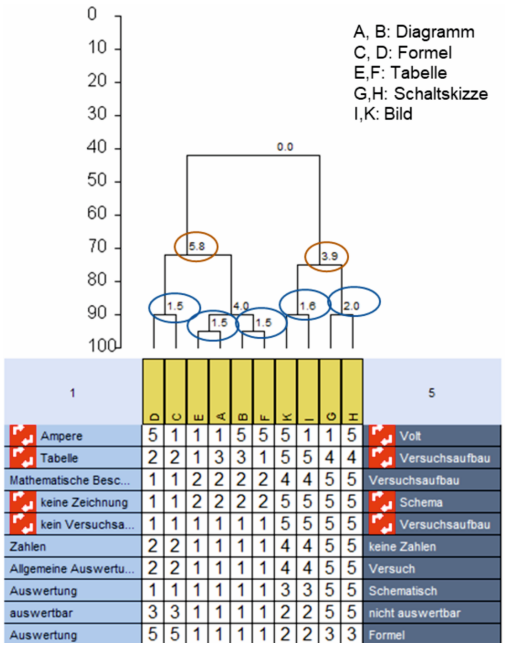


Abb. 2: Dendrogramm der Clusteranalyse von ELML7

Block 1	Block 2	Block 3
BS, DTF (N=17) BS, DT, F (N=3) BS, FT, D (N=2)	DT, BFS (N=3) FT, BDS (N=2) FS, BDT (N=2)	Spannung/Stromstärke (N=3) Einzelbetrachtung der Konstrukte (N=3)

Tabelle 1: Vergleich aller Clusteranalysen zeigt sich wiederholende Gruppen

Auch nach Auftrennung der Schulen aufgrund des signifikanten Unterschieds im Fachwissenstest können keine sichtbaren Unterschiede in der Wahrnehmung der Ähnlichkeit festgestellt werden (Abbildung 3). Daher scheint es als ob das Fachwissen keinen Einfluss auf die Wahrnehmung hat.

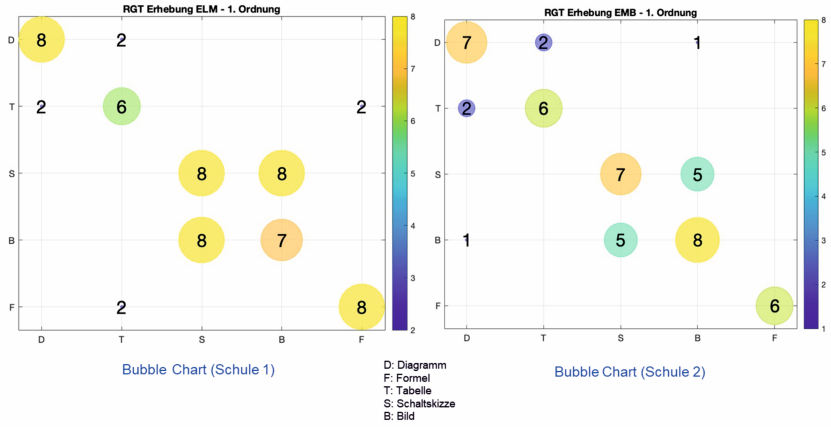


Abb. 3: Bubble Chart zur Veranschaulichung der Betrachtung der Ähnlichkeiten

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The function of multiple represenstations. *Computers & Education*, *33*, 131–152.

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (S. 191–208). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_9

Corradi, D., Elen, J. & Clarebout, G. (2012). Understanding and Enhancing the Use of Multiple External Representations in Chemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(6), 780–795. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9366-z

Gardiner, I. A., Littlejohn, A. & Boye, S. (2021). Researching learners' perceptions: The use of the repertory grid technique. *Language Teaching Research*, 1-18. https://doi.org/10.1177/13621688211013623

Gerber, R., Boulton-Lewis, G. & Bruce, C. (1995). Children's understanding of graphic representations of quantitative data. *Learning and Instruction*, *5*(1), 77–100. https://doi.org/10.1016/0959-4752(95)00001-J

Hemmecke, J. (2012). *Handbuch der Repertory Grid Technik: Theoretischer Hintergrund, Erhebungsleitfaden und Auswertungshinweise.*

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktuller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, *47*(2), 57–66. https://doi.org/10.1026//0012-1924.47.2.57

Rosenberg, M. & Freitag, M. (2009). Repertory Grid. In S. Kühl, P. Strodtholz & A. Taffertshofer (Hrsg.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und qualitative Methoden* (1. Auflage, S. 477–496). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Tan, F. B. & Hunter, M. G. (2002). The Repertory Grid Technique: A Method for the Study of Cognition in Information Systems. *MIS Quarterly*, *26*(1), 39–57. https://doi.org/10.2307/4132340

Wu, H.-K. & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(6), 754–767. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9363-7

Leonie Willmes[1]
Helena van Vorst[1]
Mathias Ropohl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Forschend Lernen im inklusiven Chemieunterricht – aber wie?! Ein systematisches Literaturreview

Theoretischer Hintergrund

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird im Sinne der Scientific Literacy das Lernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen in Form von forschendem Lernen in den Mittelpunkt gestellt (Fischer et al., 2018; KMK, 2005). Dabei wird das forschende Lernen als potentiell zielführender schülerzentrierter Ansatz für inklusive Lerngruppen betrachtet. Grund ist die Möglichkeit, durch eine Variation von Strukturierung und Offenheit, den Zugang zum Lerngegenstand zu individualisieren (u. a. Blanchard, 2010; Euler, 2005; Satilimis, 2019). Dabei führen die Schüler:innen verschiedene Denk- und Arbeitsweisen, wie das Planen und Durchführen von Untersuchungen oder das Aufstellen von Hypothesen, in unterschiedlichen Graden aus (Rönnebeck et al., 2016; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Inwiefern hierbei die individuellen Lernvoraussetzungen der Lernenden und die Gestaltung der Lerngelegenheit zusammenhängend berücksichtigt werden müssen, ist bisher wenig systematisch ausdifferenziert worden (Menthe & Hoffmann, 2015). Im Sinne der Definition inklusiver Bildung als „eine vielfältige Bildung, die alle Kinder mit und ohne Behinderung einbezieht“ (Wocken, 2019, S. 5), sind die sonderpädagogischen Förderbedarfe ein erster Ansatzpunkt, der zur Berücksichtigung der sehr spezifischen Bedarfe und individuellen Voraussetzungen, die Schüler:innen im inklusiven forschenden Lernen haben, genutzt werden kann. In wenigen älteren Literaturreviews wurde herausgefunden, dass insbesondere strukturiertes forschendes Lernen in Verbindung mit systematischer Instruktion für Schüler:innen mit Förderbedarf umgesetzt werden kann (z. B. Courtade et al., 2007; Rizzo et al., 2016; Therrien et al., 2014). In der deutschsprachigen Literatur existieren erste Ansätze zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts (u. a. Brauns & Abels, 2021; Ferreira González et al., 2021), die es auszudifferenzieren und unterrichtpraktisch zu erproben gilt.

Ziele und Forschungsfragen

Anknüpfend an bestehende Ansätze zur Planung von inklusivem Chemieunterricht sowie vor allem an bestehende Reviews zu Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht ist das Ziel des vorliegenden Vorhabens die systematische Erhebung des internationalen Literaturstandes zum forschenden Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht in Form eines Literaturreviews.

Dem Literaturreview liegen zwei Forschungsfragen zugrunde:

FF1: Welche methodischen und inhaltlichen Kriterien zur Gestaltung (experimenteller) Lerngelegenheiten konnten in den letzten 15 Jahren als relevant für das erfolgreiche Lernen von Schüler:innen identifiziert werden?

FF2: Inwiefern wirken sich die identifizierten Gestaltungskriterien barrierereduzierend sowie unterstützend auf das Lernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen beim forschenden Lernen aus?

Methode und Studiendesign

Methodisch orientiert sich das Literaturreview an der von Torgerson et al. (2017) beschriebenen Vorgehensweise. Zunächst wurde das interessierende Konstrukt definiert und daraus passende Suchbegriffe abgeleitet, die dann in Suchstrategien zusammengefasst wurden. Die Literaturrecherche fand im November 2022 statt und wurde in den Datenbanken ERIC, FIS Bildung und Web of Science sowie den relevanten Journals Chemistry Education Research & Practice, Journal of Research in Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Journal of Chemical Education und International Journal of Inclusive Education durchgeführt. Insgesamt konnten N = 6.947 Publikationen identifiziert, von Duplikaten bereinigt und sukzessive mit Hilfe der zuvor definierten Einschlusskriterien des Titels, Abstracts und Volltextes systematisch ausgeschlossen werden (s. Abb. 1). Es wurden nur englischsprachige und peer-reviewte Publikationen aus den Jahren von 2009 bis 2022 eingeschlossen, die sowohl einen Bezug zu forschendem Lernen als auch inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht haben. Insgesamt wurden N = 36 Publikationen in das Review aufgenommen und vertieft analysiert. Zum einen wurden die Publikationen hinsichtlich der in ihnen betrachteten Aktivitäten forschenden Lernens und der Förderbedarfe in einer Heat Map gesammelt. Durch diese Heat Map lassen sich einerseits Forschungslücken und andererseits bereits besser erforschte Forschungsfelder identifizieren. Zum anderen wurden für jeden in den Publikationen angesprochenen Förderbedarf die Kriterien zur Umsetzung forschenden Lernens gesammelt.

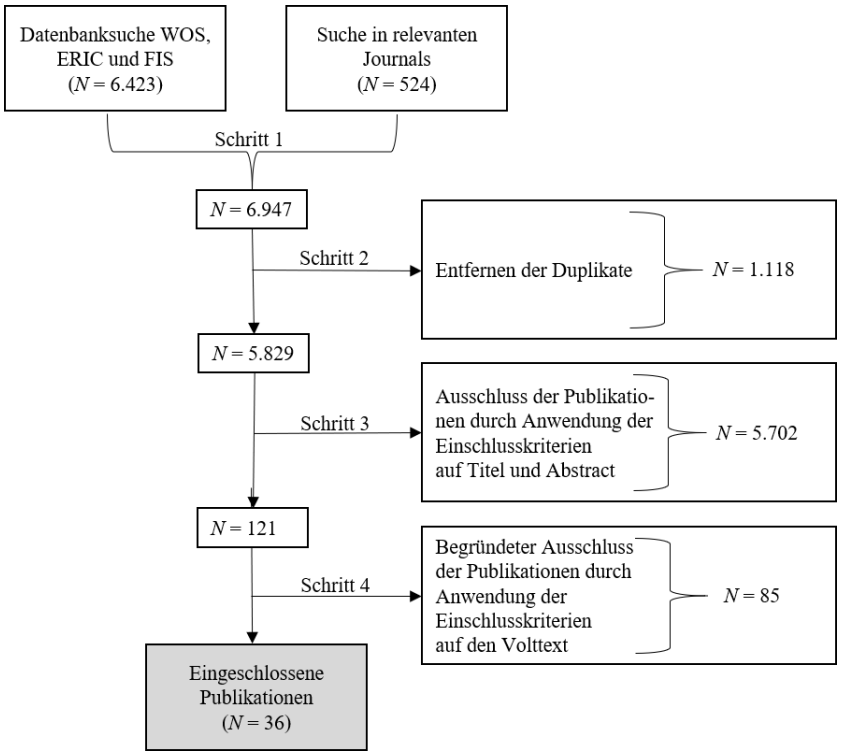


Abb. 1: Vorgehensweise bei der Literatursuche.

Ergebnisse

Die deskriptiven Daten zeigen, dass mehr als 50 % der Publikationen aus den USA stammen und ca. 25 % den Förderbereich „Blind and visually impaired“ fokussieren. Außerdem haben ca. 20 % der Publikationen zwar das forschende Lernen im Namen, es wird aber nicht weiter definiert, welches Verständnis von forschendem Lernen vorliegt.

Die Publikationen beschreiben insbesondere das strukturierte forschende Lernen als gewinnbringend für Schüler:innen mit Förderbedarf. Vor allem die kleinschrittige Strukturierung der Lerngelegenheiten (z. B. durch Scaffolding, Checklisten und Graphic Organisers) sowie Visualisierungen und sprachliche Anpassungen (z. B. Glossare und schülernahe Sprache) werden als relevante Gelingensbedingungen für inklusive Lerngelegenheiten im forschenden Lernen beschrieben. Die in diesem Review synthetisierte Heat Map zeigt, dass vor allem die Aktivitäten „constructing models“, „engaging in argumentation“ und „communicating“ für die Förderbedarfe „deaf and hard hearing and speech“ sowie „moderate to severe developmental/intellectual disabilities and autism spectrum disorder“ wenig erforscht sind.

Diskussion und Limitation

Die Ergebnisse des Reviews bestätigen die Ergebnisse früherer Literaturreviews zu spezifischen Förderbedarfen. So beschreiben schon Courtade et al. (2007), dass forschendes Lernen für Schüler:innen mit Förderbedarf herausfordernd ist, da die unterschiedlichen Bedarfe und die damit einhergehenden Herausforderungen der Schüler:innen noch nicht ausreichend erforscht sind. Spooner et al. (2011) betonen in ihrem Review, dass forschendes Lernen als übergeordnetes Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch systematische Strategien ergänzt werden muss, um bspw. Fachbegriffe vorzulehren. Einige der dort beschriebenen Kriterien, wie die Zeitverzögerung beim Lehren von Fachbegriffen, konnten auch in diesem Review bestätigt werden. Die Gestaltungskriterien, die sich mit Hilfe des hier vorgestellten Reviews für die einzelnen Förderschwerpunkte der Schüler:innen und Aktivitäten forschenden Lernens identifizieren lassen, lassen sich oft für verschiedene Förderschwerpunkte und Aktivitäten interpretieren und können damit als Grundlage für die Gestaltung von inklusiven Lerngelegenheiten genutzt werden. Es zeigt sich aber auch, dass viele der in den Publikationen beschriebenen Kriterien die oberflächliche Ebene von Unterricht betreffen, unspezifisch sind und als erweiterte Kriterien guten Unterrichts betrachtet werden können (z. B. Helmke, 2009; Meyer, 2004). Das sind bspw. Kriterien, die in Form einer transparenten und stringenten Unterrichtsplanung das Classroom Management betreffen. Diese Kriterien sind eher als Rahmenbedingungen zu sehen, die nicht nur ein guter inklusiver Unterricht, sondern auch ein guter Unterricht im Allgemeinen aufweisen sollte.

Dieses Review unterliegt den typischen, bei einem Review auftretenden Limitationen (Torgersen et al., 2017). Des Weiteren ergeben sich Limitationen aus der Anlage der Literatursuche. So stammt ein Großteil der Publikationen aus den USA, die Publikationen beziehen sich auf einen begrenzten Suchzeitraum und sind zudem alle in englischer Sprache verfasst. Aber auch aus dem Forschungsgebiet ergeben sich Limitationen, wie zum Bespiel, dass das forschende Lernen ein häufig nicht einheitlich definiertes Konstrukt ist (Bruder & Prescott, 2013). Zuletzt muss die Orientierung an Förderbedarfen kritisch hinterfragt werden, da diese nicht trennscharf sind und einzelne Schüler:innen und ihr Potential nicht adäquat beschreiben können (Browder et al., 2020).

Literatur

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. Science Education, 94(4), 577–616.

Brauns, S. & Abels, S. (2021). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). ZfDN, 27, 231–249.

Browder, D. M., Spooner, F. & Courtade, G. R. (Hrsg.) (2020). Teaching students with moderate and severe disabilities. New York: The Guilford Press.

Bruder, R. & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. ZDM Mathematics Education. 45(6), 811–822.

United Nations. (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities. Treaty Series, 2515, 3.

Courtade, G., Spooner, F. & Browder, D. (2007). Review of studies with students with significant cognitive disabilities which link to science standards. Research & Practice for Persons with Severe Disabilities, 32(1), 43–49.

Euler, D. (2005). Forschendes Lernen. In W. Wunderlich & S. Spoun (Hrsg.), Studienziel Persönlichkeit. Beiträge zum Bildungsauftrag der Universität heute. Frankfurt: Campus, 253–272.

Ferreira González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Abels, S. Hundertmark, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & X. Sun (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion (S. 191–215). Weinheim: Beltz Juventa.

Fischer, F., Chinn, C. A., Engelmann, K. & Osborne, J. (Hrsg.) (2018). Scientific reasoning and argumentation: The roles of domain-specific and domain-general knowledge. New York: Routledge.

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung der Unterrichtsqualität. Seelze: Klett.

KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Wolters Kluwer.

Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert (Hrsg.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (S. 131–140). Stuttgart: Kohlhammer.

Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen.

Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. Studies in Science Education, 52(2), 161–197.

Rizzo, K. & Taylor, J. (2016). Effects of inquiry-based instruction on science achievement for students with disabilities: An analysis of literature. Science Education, 19(1), 1–16.

Satilimis, A. (2019). Inquiry-based learning and heterogeneity. In H. A. Mieg (Hrsg.), Inquiry-based learning – Undergraduate research (S. 383–391). Cham: Springer Open.

Spooner, F., Knight, V., Browder, D., Jimenez, B. A. & DiBiase, W. (2011). Evaluating evidence-based practices in teaching science content to students with severe developmental disabilities. Research and Practice for Persons with Severe Disabilities, 36(1/2), 62–75.

Therrien, W., Taylor, J., Watt, S. & Kaldenberg, E. (2014). Science instruction for students with emotional behavioural disorders. Remedial and Special Education, 35(1), 15–27.

Torgerson, C., Hall, J. & Lewis-Light, K. (2017). Systematic reviews. In R. Coe, M. Waring, L. V. Hedges & J. Arthur (Hrsg.), Research Methods and Methodologies in Education (S. 166–179). Los Angeles [u.a.]: Sage.

Vorholzer, A. & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – An attempt to disentangle a manifold construct. International Journal of Science Education, 41(11), 1562–1577.

Wocken, H. (2019). Inklusive Bildung. Annäherung an den Begriff der Inklusion und Forderung an die Inklusionsforschung. Verfügbar unter: http://www.hans-wocken.de/Texte/Inklusive%20Bildung.pdf

Jürgen Menthe [1]
Felix Pawlak [2]
Lisa Stinken-Rösner[3]
Elizabeth Watts [4]

[1] Universität Hildesheim
[2] Universität Tübingen
[3]Universität Bielefeld
[4]Universität Kassel

Inklusiver Nawi-Unterricht – ein herausforderndes Forschungsfeld?

Ausgangslage

Auch über 15 Jahre nach Verabschiedung der UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) steht das deutsche Schulsystem vor der großen Herausforderung den Prozess der Inklusion angemessen in Schul- und Unterrichtspraxis zu realisieren. Durch die UN-BRK wurden viele Prozesse angestoßen, um der Diversität der Schüler:innenschaft (auch im Sinne des weiten Inklusionsbegriffs) besser gerecht zu werden. Damit gingen eine Vielzahl von (Forschungs-) Projekten zum inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht einher (u. a. Abels, 2015; Adesokan, 2015; Baumann et al., 2018; Schmitt-Sody et al., 2015). Auf diese Weise entstanden z. B. Ansätze zur Gestaltung, Einordnung und Reflexion von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht (u. a. Holländer et al., 2022; Schlüter et al., 2016; Stinken-Rösner et al., 2020). Zudem wurden der Forschungsstand und die unterrichtspraktische Literatur mit Hilfe von systematischen Literaturanalysen aufgearbeitet (Brauns & Abels, 2021).

Im Zuge bisheriger und aktueller Forschungsvorhaben treffen auch Fachdidaktiker:innen auf teilweise neue Herausforderungen, wie z. B. die (zunächst) uneinheitliche Definition von Inklusion (Adesokan, 2015; Menthe et al., 2019; Schlüter, 2018).

Bezüglich der Herausforderungen des Forschungsfeldes soll ein möglicher Ansatz in den Blick genommen werden, um diesen zukünftig begegnen zu können: Das *NinU-Schema* wurde ursprünglich zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt (Stinken-Rösner et al., 2020). In diesem Beitrag wird untersucht, ob es sich auch zur Bewältigung von Herausforderungen in der Erforschung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts eignet (Pawlak et al., 2023).

Forschungsfrage und Studiendesign

Die Forschungsfrage der vorgestellten Untersuchung lautet:

> Welchen Beitrag kann das *NinU*-Schema zur Bewältigung von Herausforderungen bei der Forschung zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht leisten?

Der Forschungsfrage wird mit Hilfe der Delphi-Methode nachgegangen. Im Rahmen dieser Delphi-Studie werden Expert:innen in drei Runden befragt. Die erste Runde ist von qualitativ-explorativem Charakter. Dabei ist es zunächst das Ziel, die Möglichkeiten des *NinU-Schemas* für die Forschung zu identifizieren und induktiv die Items für folgende Runden der Delphi-Studie zu bilden (Pawlak et al., in Review a). In den darauffolgenden zwei Runden werden die generierten Items den Expert:innen erneut vorgelegt. Die Expert:innen bewerten dann auf einer 5-stufigen Likert-Skala, wie sie den Nutzens des *NinU-Schemas* einschätzen. Ob ein Konsens vorliegt, wird anhand von drei Kriterien erfasst: die prozentuale Zustimmung der

Expert:innen muss über 50 % liegen, die Standardabweichung darf nicht mehr als 1,5 und der Interquartilsbereich darf nicht mehr als 1 betragen (Giannarou & Zervas, 2014).

Ergebnisse der Delphi-Studie zum *NinU-Schema*

Die Ergebnisse der ersten Runde der Delphi-Studie sind durch die 25 Items repräsentiert (Tab. 1 & 2). Die Ergebnisse der Runde 2 und 3 werden durch die Kriterien zur Bestimmung des Konsens dargestellt. Die Expert:innen kommen bezüglich des *NinU-Schemas* für die Forschung bei 11 Items in der 2. Runde und bei 6 Items in der 3. Runde zu einem Konsens. Aus Sicht der Expert:innen zeigt sich, dass das *NinU-Schema* einen theoretischen Rahmen für die Planung von Forschungsprojekten zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht liefern kann und auch hilfreich zur Strukturierung des Forschungsfeldes ist (Tab. 1).

Tabelle 1: Ergebnisse zum NinU-Schema, Teil 1 (vgl. Pawlak et al., in Review b)

1. Runde	2. Runde					3. Runde					Konsens
Das NinU-Schema	N	SD	IQR	% Abl.	% Zust.	N	SD	IQR	% Abl.	% Zust.	Runde
… liefert einen theoretischen Rahmen für die Planung von Forschungsprojekten zu inU.	39	**0,93**	**1**	12,8	**61,5**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich zur Strukturierung des Forschungsfeldes zu inU.	39	**0,92**	2	7,7	**71,8**	29	**1,13**	**1**	13,8	**68,9**	**3.**
… ist hilfreich zur Reduktion der Komplexität des Forschungsfeldes.	39	**1,13**	1,5	25,6	46,2	29	**1,07**	**1**	17,2	**51,7**	**3.**
… schafft einen ‘common ground’ für Forschungsprojekte zu inU.	39	**1,16**	1,5	23,1	**61,5**	29	**1,15**	**1**	24,1	**69**	**3.**
… ist nicht hilfreich bei der Planung von Forschungsprojekten zu inU, da es die Offenheit einschränkt.	39	**0,88**	**1**	**53,9**	10,3	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich bei der Fokussierung von Forschungsprojekten zu inU.	39	**0,79**	**1**	7,7	**66,6**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich bei der Identifikation von Forschungslücken zu inU.	38	**1,00**	**1**	23,7	**52,7**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich bei der Formulierung/Generierung von Forschungsfragen.	39	**0,82**	**1**	15,4	**61,5**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich bei der Formulierung von Hypothesen.	39	**1,18**	2	41	35,9	29	**1,05**	2	41,4	34,4	**-**
… ist hilfreich bei der (ersten) Strukturierung von Forschungsprojekten zu inU.	39	**1,01**	**1**	15,4	**64,1**	**-**	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich bei der Planung von Forschungsprojekten zu inU, um abzusichern, dass alle relevanten Aspekte berücksichtigt werden.	39	**0,93**	2	28,2	41	**29**	**0,95**	2	27,5	41,3	**-**
… ist hilfreich bei der Planung von Forschungsprojekten zu inU.	39	**1,02**	**1**	23,1	**53,9**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist zu unkonkret für die Forschung zu inU.	39	**1,09**	**1**	38,5	23,1	29	1,14	2	34,4	31	**-**

Außerdem schätzen die Expert:innen das *NinU-Schema* als hilfreich für die Kategorisierung qualitativer Daten sowie für die Erstellung von Instrumenten in Forschungsprojekten zum inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht ein (Tab. 2).

Tabelle 2: Ergebnisse zum NinU-Schema, Teil 2 (vgl. Pawlak et al., in Review b)

1. Runde	2. Runde					3. Runde					Konsens
Das NinU-Schema	N	SD	IQR	% Abl.	% Zust.	N	SD	IQR	% Abl.	% Zust.	Runde
… eignet sich, um Forschung zu inU durchzuführen.	38	**0,89**	**1**	21,1	34,2	29	**1,09**	**1**	17,2	**51,7**	**3.**
… ist nicht hilfreich bei der Durchführung von Forschungsprojekten zu inU.	38	**0,97**	**1**	50	10,5	29	**1,05**	2	72,4	6,8	**-**
… ist hilfreich bei der Auswertung von Forschungsdaten zu inU.	38	**0,96**	**1**	44,7	23,7	29	**1,08**	**1**	48,3	24,1	**-**
… ist hilfreich als Grundlage zur Kategorisierung qualitativer Daten in Forschungsprojekten zu inU.	39	**0,97**	**1**	18	**59**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist hilfreich für die Erstellung von Instrumenten in Forschungsprojekten zu inU.	38	**0,98**	**1**	18,4	**52,6**	-	-	-	-	-	**2.**
… ist nicht hilfreich bei der Auswertung von Forschungsprojekten zu inU.	38	**1,15**	**1**	50	23,7	28	**1,27**	2,25	39,3	28,5	**-**
… ist hilfreich für die eigene Positionierung von Forschungsprojekten in der Forschungslandschaft.	39	**0,97**	2	10,3	69,3	29	**1,17**	2	24,1	**69**	**-**
… liefert eine Übersicht bisheriger Forschungsergebnisse zu inU durch die Verortung von Forschungsprojekten.	38	**1,04**	2	29	39,5	29	**1,04**	2	34,5	31	**-**
… ist hilfreich beim wissenschaftlichen Austausch über Forschungsprojekte zum inU.	39	**0,83**	**0**	5,2	**76,9**	-	-	-	-	-	**2.**
… in der Forschung zu nutzen, beinhaltet eine Positionierung zum NinU-Netzwerk.	39	**1,31**	1,5	25,6	**56,4**	28	**1,26**	**1**	17,9	**60,8**	**3.**
… in der Forschung zu nutzen, erschwert die eigene Profilierung in der Community.	38	**1,13**	2	**52,6**	15,8	29	**0,99**	**1**	**75,9**	6,9	**3.**
… ist hilfreich bei der Forschung zu inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht	39	**0,89**	**1**	10,3	**61,5**	-	-	-	-	-	**2.**

Uneinig sind sich die Expert:innen darin, ob sich das *NinU-Schema* im Allgemeinen zur Auswertung von Forschungsdaten eignet. Auch zeigt sich kein Konsens, ob das Schema eine Übersicht bisheriger Forschungsergebnisse durch die Verortung der Projekte liefern kann.

Fazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass sich das *NinU-Schema* aus Sicht der befragten Expert:innen durchaus für die Planung, Strukturierung und Durchführung von Forschungsprojekten zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht eignet. Hierbei sind anhand der Ergebnisse auch Einschränkungen vorzunehmen bzw. der Einsatz des Schemas ist differenziert zu betrachten, da die Expert:innen beispielweise das *NinU-Schema* nicht für die Formulierung von Hypothesen nutzen würden, aber es als hilfreich für Formulierung und Generierung von Forschungsfragen einschätzen.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung (Förderkennzahl NE 2105/2-1) des Netzwerkes inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU) und den daraus initiierten Forschungsprojekten.

Gefördert durch
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Literatur

Abels, S. (2015). Der Entwicklungsbedarf der Fachdidaktiken für einen inklusiven Unterricht in der Sekundarstufe. In G. Biewer, E. T. Böhm, & S. Schütz (Hrsg.), Inklusive Pädagogik in der Sekundarstufe. Verlag W. Kohlhammer, 135-148)

Adesokan, A. (2015). Zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung? Eine qualitative Studie als Beitrag zur Entwicklung eines inklusiven Chemieunterrichts, Dissertation. https://kups.ub.uni-koeln.de/6291/

Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S., & Melle, I. (2018). Verbrennungen – Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. CHEMKON, 25(4), 160-170. https://doi.org/10.1002/ckon.201800016

Brauns, S., & Abels, S. (2021). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27(1), 231-249. https://doi.org/10.1007/s40573-021-00135-0

Giannarou, L., & Zervas, E. (2014). Using Delphi technique to build consensus in practice. Int. Journal of Business Science and Applied Management, 9(2), 66-82.

Holländer, M., Böhm, K., Jasper, L., & Melle, I. (2022). Gestaltung von Chemieunterricht für diverse Lerngruppen – ein Beispielunterricht zum Planungsmodell ChemDive. CHEMKON, 29(S1), 299 - 306. https://doi.org/10.1002/ckon.202200014

Menthe, J., Düker, P., & Hoffmann, T. (2019). Gemeinsam Chemie lernen: Inklusiver Chemieunterricht zwischen Fachlichkeit und Entwicklungslogik. In A. Behrendt, F. Heyden, & T. H. Häcker (Hrsg.), „Das Mögliche, das im Wirklichen (noch) nicht sichtbar ist...“: Planung von Unterricht für heterogene Lerngruppen – im Gespräch mit Georg Feuser. Shaker Verlag, 79-96.

Pawlak, F., Menthe, J., Watts, E., & Stinken-Rösner, L. (2023). Herausforderungen in der Beforschung von inklusivem Nawi-Unterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Jahrestagung in Aachen 2022. Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), 398-401.

Pawlak, F., Menthe, J., Watts, E., & Stinken-Rösner, L. (in Review a). Die qualitative Inhaltsanalyse zur Item-Generierung am Beispiel einer Delphi-Studie zur Forschung im Feld des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. Empirische Sonderpädagogik.

Pawlak, F., Menthe, J., Watts, E., & Stinken-Rösner, L. (in Review b). What challenges do researchers face in the study of inclusive science education? A Delphi Study.

Schlüter, A.-K. (2018). Professionalisierung Angehender Chemielehrkräfte Für Einen Gemeinsamen Unterricht. Berlin: Logos Verlag.

Schlüter, A.-K., Melle, I., & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. Sonderpädagogische Förderung heute, 3(61), 270-285.

Schmitt-Sody, B., Urbanger, M., & Kometz, A. (2015). Experimentieren mit Förderschülern – Eine besondere Herausforderung in einem Schülerlabor und ein kleiner Beitrag für die Inklusion. Chemie & Schule, 4, 5-10.

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30-45. https://doi.org/10.23770/rt1831

Giulia Pantiri[1]
Thomas Wilhelm[1]
Lea Mareike Burkhardt[1]
Volker Wenzel[1]
Arnim Lühken[1]
Dieter Katzenbach[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt

Inklusiver NaWi-Unterricht: Erprobung von Lernstationen zu Farben

Ausgangslage und Forschungsdesign

Seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention (2009) hat sich die Bildungssituation für Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf (SPF) in Deutschland stark verändert. In vielen Schulen werden Schüler*innen mit und ohne SPF gemeinsam unterrichtet, was die Notwendigkeit einer Begleitforschung mit sich bringt, um ein effektives gemeinsames Lernen für alle zu ermöglichen und um den Lehrkräften eine wirksame Unterstützung für die Unterrichtsplanung zu bieten (Arndt & Werning, 2013; Brigham et al., 2011; Buchhaupt et al., 2019; Feuser, 1982; KMK, 2020).

Da viele Schulen im Sekundarbereich und insbesondere in der Sekundarstufe I an Gesamtschulen die drei Naturwissenschaften als Einheit unterrichten (Fach „NaWi"), erscheint es besonders bedeutsam, die pädagogische und fachdidaktische Forschung im Bereich der inklusiven fächerübergreifenden Unterrichtsgestaltung zu vertiefen, da sich die Begleitforschung bisher meist auf eine einzelne Naturwissenschaft oder auf die Primarstufe (Fach „Sachunterricht") konzentrierte (Abels, 2015; Menthe & Hoffmann, 2015; Rott & Marohn, 2015).

Im Rahmen des „Design-Based Research"-Projekts E^2piMINT („Evidenzbasierte Entwicklung praxistauglicher inklusiver MINT Vermittlungskonzepte für die Schule") wird ein interdisziplinäres und inklusives Unterrichtskonzept entwickelt, getestet und evaluiert (Pantiri et al., 2023). Das E^2piMINT-Projekt läuft vom Schuljahr 2022/23 bis zum Schuljahr 2024/25. Unter anderem sind dabei auch die Erprobung und Auswertung des entwickelten Konzeptes unter kontrollierten Laborbedingungen (in universitären Schülerlaboren) sowie unter Feldbedingungen (im Schulunterricht) geplant. In diesem Artikel werden das entwickelte Konzept, die dazugehörige Vorstudie in den Schülerlaboren der Goethe-Universität und deren Ergebnisse präsentiert.

Das entwickelte Unterrichtskonzept

Aufbauend auf bestehende Forschung zu inklusivem Unterricht (z.B. Abels, 2015; CAST, 2018; Menthe & Hoffmann, 2015; Rott & Marohn, 2015; Stinken-Rösner et al., 2020) und auf evidenz- und erfahrungsbasierten Beobachtungen und Betrachtungen in der Kooperation mit Regel- und Förderschulen wurde im Schuljahr 2022/23 das folgende Konzept entwickelt und in „Design-Based Research"-Zyklen verbessert und optimiert (DBR Collective, 2003). Als strukturelle Grundlage wurde eine Laboraktivität in Form von Stationenarbeit gewählt. Die Lernenden teilen sich in heterogenen Gruppen auf, führen stark handlungsorientierte Versuche durch und beschäftigen sich mit experimentellen Verfahren der drei Naturwissenschaften. Die Stationen sind in Form von Forscherboxen gestaltet, die jeweils ein eigenes Unterthema behandeln und mit verschiedenen Fächern verknüpft sind. Jede Box bietet vier verschiedene

Versuche zu einem Unterthema an, die sich durch die verwendeten Methoden oder untersuchten Gegenstände voneinander unterscheiden lassen. Die entsprechenden Materialien finden die Lernenden in den Boxen, womit sie selbstständig arbeiten können.
Mit jeder Forscherbox werden drei Arbeitsphasen durchlaufen: Vorbereitung, Einzelarbeit und Gruppenarbeit. Bei der Vorbereitungsphase sollen die Lernenden die Materialliste lesen und das richtige Material für jeden Versuch heraussuchen. Da sie sich bereits bei der Lösung dieser Aufgabe miteinander austauschen und sich gegenseitig helfen können, stellt diese erste Phase schon eine gemeinsame Arbeit dar. In der Einzelarbeitsphase führt jede*r Lernende einen individuellen Versuch durch und dokumentiert die eigenen Ergebnisse. Wenn alle Mitglieder der Gruppe fertig sind, kommen sie zum Austausch und zu der Gruppenarbeitsphase zusammen. Dafür brauchen alle ihre einzelnen Ergebnisse, damit sie eine Gruppenaufgabe lösen und ein strukturiertes Gruppenplakat als Gruppenergebnis gemeinsam ausfüllen können.
Für die Förderung verschiedener Zugänge wurden die Versuchsanleitungen in zwei verschiedenen Formen entwickelt und den Lernenden die freie Wahl gelassen. Für jeden Versuch gibt es eine schriftliche Anleitung, die in einer einfachen Sprache kleinschrittig geschrieben wurde, und die auch Bilder und Symbole enthält. Die zweite Form ist eine Videoanleitung, die mittels der Legevideo-Technik erstellt wurde (Schneider & Heise, 2016). Außerdem befinden sich in jeder Box gestufte Hilfen in Form von Hilfekarten, die schwierige Begriffe oder Verfahren zeigen und erklären. Schließlich stehen auch Zusatzaufgaben für alle zur Verfügung, die sowohl einzeln als auch als Gruppe erledigt werden können.

Erhebungsdesign und -instrumente
In einem Mixed-Methods-Ansatz werden sowohl quantitative als auch qualitative Erhebungsinstrumente verwendet. Um die Interessenentwicklung und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden beim Experimentieren zu erforschen, wurde ein Fragebogen entwickelt, der in einem Prä-Post-FollowUp-Design eingesetzt wird. Für den Fragebogen wurden bereits existierende Skalen verwendet: Eine Skala betrifft das Interesse am Experimentieren (nach Fechner, 2009, und nach Hoffman et al., 1998; 10 Items), eine zweite Skala die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (nach Schroedter & Körner, 2012; 9 Items). Außerdem werden neun weitere Items nur im Posttest eingesetzt, die sich ebenfalls auf das situative Interesse am Experimentieren mit explizitem Bezug auf die im Projekttag durchgeführten Experimente beziehen (nach Fechner, 2009, und nach Hoffman et al., 1998), worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.
Um u. a. die Gruppendynamik und das Wissen der Lernenden zu erfassen, werden halb-strukturierte Gruppeninterviews mit Lernenden und Beobachtungen durchgeführt. Um die Perspektive der Lehrkräfte und insbesondere deren wahrgenommene Wirksamkeit des Unterrichtskonzeptes und Verbesserungsvorschläge zu erfahren, werden Feedbackbögen mit offenen Fragen verwendet, die die Lehrkräfte direkt im Anschluss an dem Projekttag ausfüllen sollen.
Im Schuljahr 2022/23 wurde das vorgestellte Konzept zum Thema „Farben“ für die 5. und 6. Jahrgangsstufe entwickelt und als Pilotstudie in den Schülerlaboren der Goethe-Universität unter kontrollierten Rahmenbedingungen getestet. Die Erprobung dauerte von März bis Juli 2023. Die Stichprobe enthielt 18 Klassen (aller Schulformen) mit insgesamt 430 Schüler*innen. Ein Projekttag, in dessen Rahmen das Unterrichtsmaterial, das Vermittlungskonzept und die Erhebungsinstrumente erprobt wurden, dauerte einen Vormittag und lief wie folgt ab: Nach einer Einführung für alle folgte eine Experimentierphase, bei der jede Gruppe (3 oder 4 Schüler*innen) bis zu maximal drei Boxen selbstständig bearbeiten konnte. Am Ende kamen alle Lernenden zu einem gemeinsamen Plenum zusammen, bei dem sie Fragen stellen konnten

und die Gruppenergebnisse präsentierten. Einer der Schwerpunkte des Konzepts besteht darin, dass die Lernende nach der Bearbeitung der ersten Box zu „Expert*innen“ für das Thema werden, so dass sie ihr gewonnenes Wissen mit ihren Mitschülern*innen teilen können, aber nicht müssen. Dies fördert die sozialen Kompetenzen in der Gruppe und in der gesamten Klasse (Berger & Hänze, 2004).

Ergebnisse der Erprobung

Bezüglich der Pilotierung des Fragebogens war es ein Ziel, die Anzahl der Items zu reduzieren, damit vor allem die Proband*innen mit Leseschwierigkeiten nicht überfordert werden. Der Fragebogen wurde von 242 Lernenden ausgefüllt. Die Ergebnisse der Pilotierung sind in der Tabelle 1 dargestellt. In der Analyse wurde nach Decken- und Bodeneffekten gesucht, die Reliabilität der Skalen mittels Cronbachs Alpha geprüft und eine Faktorenanalyse durchgeführt. Da die Reliabilität in beiden Fällen gut ist, wurden für die Reduktion der Items die Deckeneffekte (in der Skala des Interesses vorhanden) und schwierige Formulierungen von Fragen berücksichtigt. Die Items wurden so in der Skala des Interesses von 10 auf 8 und in der Skala der Selbstwirksamkeitserwartung von 9 auf 7 reduziert.

Tabelle 1: Ergebnisse der Pilotierung des Fragebogens

	Interesse am Experimentieren	Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren
N gültig	212	201
Decken- und Bodeneffekte	4 aus 10 Items	keine
Reliabilität (Cronbachs α)	0.90	0.92
Faktorenanalyse	EFA: 1 Faktor	KFA: 1 Faktor

Aus den qualitativen Daten und insbesondere aus den Feedbackbögen der Lehrkräfte konnte gefolgert werden, dass die Schüler*innen und die Lehrkräfte einen positiven Eindruck des Projekttages bekommen haben. Die Lehrkräfte schätzten vor allem das Equipment des Projekttages (Gestaltung der Boxen, Unterrichtsmaterial, Kleinschrittigkeit der Anleitungen, gestufte Hilfen etc.) und fanden folgende Punkte in Bezug auf das Konzept besonders wertvoll:

- handlungsorientiertes Arbeiten,
- aktive Partizipation aller Schüler*innen,
- Förderung von Eigenständigkeit und sozialen Kompetenzen,
- Förderung der Fähigkeit, Ergebnisse zu generieren und zu präsentieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Infolge der Pilotierung des Fragebogens wurde die Anzahl der Items von 28 auf 22 reduziert (einschließlich der Items, die nur im Posttest verwendet werden). Bei den qualitativen Forschungsinstrumenten (Feedbackbogen für die Lehrkräfte, Beobachtungsbogen und Interviews mit Lernenden) wurden wichtige Verbesserungsvorschläge für die Hauptstudie übernommen. Der erste Teil der Hauptstudie zum Thema „Farben“ wird von November 2023 bis Februar 2024 in den Schülerlaboren durchgeführt und im Anschluss analysiert. Im zweiten Teil der Hauptstudie im zweiten Schulhalbjahr wird der Einsatz des Konzeptes im Umfeld der Schule untersucht und evaluiert. Im gleichen Zeitraum sind auch die Entwicklung und Erprobung eines zweiten Unterrichtskonzeptes mit dem Thema „Haften und Kleben“ geplant. Die Hauptstudie dazu soll im Schuljahr 2024/25 durchgeführt werden.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Ed.), New developments in science education research (pp. 77– 96). New York City: Nova Science Publishers

Arndt, A.K., Werning, R. (2013). Unterrichtsbezogene Kooperation von Regelschulen und Lehrkräften für Sonderpädagogik. Ergebnisse eines qualitativen Forschungsprojektes. In Ann-Kathrin Arndt und Rolf Werning (Hg.): Inklusion: Kooperation und Unterricht entwickeln. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 12–40

Berger, R.; Hänze, M. (2004). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 205-219

Brigham, F.J. et al. (2011), Science Education and Students with Learning Disabilities. Learning Disabilities Research & Practice, 26: 223-232. https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00343.x

Buchhaupt, F. et al. (2019). Evaluation der Modellregion Inklusive Bildung Frankfurt am Main. Frankfurter Beiträge zur Erziehungswissenschaft, 21. Norderstedt

CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines

DBR Collective (2003). Design-Based-Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. Educational Researcher, 32, 5-8

Fechner (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education: Zugl.: Duisburg-Essen, Univ., Diss., 2009 (Bd. 95). Logos-Verl.

Feuser, G. (1982). Integration = die gemeinsame Tätigkeit (Spielen/Lernen/Arbeit) am gemeinsamen Gegenstand. Produkt in Kooperation von behinderten und nichtbehinderten Menschen. Behindertenpädagogik 21 (2), S. 86–105

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

Kultusministerkonferenz (2020). Sonderpädagogische Förderung in Schulen. Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz, Dokumentation Nr. 223 - Februar 2020.

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert, & O. Musenberg (Eds.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (pp. 131– 140). Stuttgart: Kohlhammer

Pantiri, G.; Burkhardt, L. M.; Wilhelm, T.; Wenzel, V.; Lühken, A.; Katzenbach, D.: Entwicklung praxistauglicher inklusiver MINT-Vermittlungskonzepte für die Schule. In Grötzebauch, H. & Heinicke, S. (Hrsg.): PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung, 2023, S. 247 – 251, https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1373/1566

Rott, L., Marohn, A. (2015). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. Zeitschrift Für Inklusion, 4, Retrieved from http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion- online/article/view/325/277

Schneider, A., & Heise, L. (2016). Konzeption und Erstellung von Lehrfilmen mit Hilfe der Legetechnik. Erfolgsfaktoren aus technischer und didaktischer Sicht. In J. Kawalek, K. Hering & E. Schuster (Hrsg.), 14. Workshop on e-Learning – Tagungs-band. 22. September 2016 (S. 7–16). Zittau und Görlitz: HSZG

Schroedter, S. & Körner, H. (2012). Entwicklung eines Fragebogens zur Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (SWE_EX). In S. Bernhold (Hg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Berlin/ Münster: LIT-Verlag, 164-166

Stinken-Rösner, L. et al. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45

Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin u.a: Springer Spektrum, S. 31–4

Jasmin Çolakoğlu[1]
Anneke Steegh[1,2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]Leibniz Universität Hannover

Inklusive MINT-Bildung: Einblicke aus der Praxis für die Forschung – Diverse Zielgruppen in non-formaler MINT-Bildung erreichen

Theoretischer Hintergrund

Non formale MINT-Bildung bietet das Potential, eine inklusive Lernumgebung für Schüler:innen unterschiedlicher Hintergründe zu schaffen. Sie ergänzt formale MINT-Bildung in der Schule auf wichtige Weise, da sie mehr Raum für persönliche MINT-Erfahrungen, Authentizität, Individualisierung und curriculare Freiheit bietet. Diese Voraussetzungen können es Schüler:innen erleichtern, sich in MINT-Bereichen zugehörig zu fühlen und eine Identität im MINT-Bereich zu entwickeln, d. h. sich als eine „MINT-Person" zu sehen (laut Carlone & Johnson, 2007). Die Entwicklung einer MINT-Identität steht wiederum in positivem Zusammenhang mit MINT-Literacy, MINT-Persistenz und beruflichen Ambitionen (Brown et al., 2005; Hazari et al., 2010; Stets et al., 2017). Als non-formale MINT-Bildungsorte definieren wir strukturierte außerschulische Lernorte mit MINT-bezogenen Lerninhalten und -zielen. Derartige Bildungsangebote finden sich z. B. in Museen und Schülerlaboren und richten sich sowohl an ganze Schulklassen im Rahmen von Schulprogrammen, als auch an individuelle Schüler:innen, die in ihrer Freizeit an diesen teilnehmen. In der Praxis besteht jedoch ein Paradoxon zwischen Theorie und Umsetzung der non-formalen MINT-Bildung, da derartige Angebote hauptsächlich privilegierte Schüler:innen erreichen und somit Bildungsungleichheit verstärken (Dawson, 2014b; DeWitt & Archer, 2017). Insbesondere Schüler:innen mit niedrigem sozio-ökonomischen Status, mit Migrationshintergrund sowie weibliche oder nicht-binäre Personen werden in MINT-Kontexten marginalisiert und schlechter erreicht (Bachsleitner et al., 2022; Jacob et al., 2020; OECD, 2018). Dies liegt sowohl an expliziten Barrieren (z. B. finanzielle Hürden, große Entfernungen vom Wohnort, Sprache etc.) als auch an impliziten, exkludierenden Designprinzipien, mit der derartige Angebote geschaffen werden und die Betroffenen das Gefühl vermitteln können, diese Orte seien nicht für sie gedacht (Dawson, 2014a). Vor allem im internationalen Raum werden diverse Zielgruppe in non-formaler MINT-Bildung intensiv beforscht (siehe z. B. Archer et al., 2022; Durall et al., 2021). Bisher gibt es jedoch nur begrenzte Forschungsergebnisse dazu, wie die aktuelle Ausgangslage in Deutschland in Bezug auf die Erreichung und Einbindung diverser Zielgruppen in non-formaler MINT Bildung aussieht. So ist noch wenig darüber bekannt, welche Ansätze verfolgt werden, welchen Überzeugungsmustern die Anbietenden folgen und wo Herausforderungen liegen. Um erste Hinweise zu diesen zu erhalten, haben wir eine Interviewstudie mit Akteur:innen von diversen non-formalen MINT-Bildungsinstitutionen in Deutschland durchgeführt.

Methoden

Für die Untersuchung wurden semi-strukturierte Interviews mit insgesamt sieben Personen (vier weiblich, drei männlich, Altersspanne: 24-61 Jahre) durchgeführt, die in der non-formalen MINT-Bildung in Deutschland tätig sind. Die interviewten Personen deckten verschiedene Rollen innerhalb der non-formalen MINT-Bildung ab und waren deutschlandweit als Betreuende in der Praxis, für organisatorische Aufgaben oder als Geschäftsführung non-formaler MINT-Bildungsorte aktiv. Die Auswahl der Befragten erfolgte über gezielte Ansprache aus

einem Pool an Teilnehmer:innen für eine Tagung zum Thema Diversität in der außerschulischen MINT-Bildung. Die Interviews hatten eine durchschnittliche Dauer von ca. 17 Minuten und wurden als Einzelgespräche während der Tagung durchgeführt. Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels thematischer Analyse (Braun & Clarke, 2006). Dieser Ansatz ermöglichte es, erste Ausgangslagen zur Erreichung diverser Zielgruppen herauszuarbeiten und Hinweise für weitere Analysen zu Denk-/Überzeugungsmustern der Anbietenden zu identifizieren.

Ergebnisse

In den Interviews standen insbesondere die erreichten und schlecht erreichten Zielgruppen sowie die pädagogischen Ansätze in den jeweiligen non-formalen MINT-Programmen der befragten Personen im Fokus. Im Folgenden werden Ergebnisse aus der abgeschlossenen Analyse zu den Themenbereichen (1) Zielgruppen, (2) pädagogische Ansätze im Programm, (3) Intentionen und Werte der Anbietenden sowie (4) Herausforderungen dargestellt.

(1) Zielgruppen: Insgesamt werden die erreichten Zielgruppen von der Mehrheit der interviewten Personen als eher privilegiert angesehen. Weniger privilegierte Kinder, z. B. Kinder mit Migrationshintergrund und Kinder aus sozio-ökonomisch schwächer gestellten Haushalten, werden laut Befragten weniger und meist nur mit erhöhtem Aufwand seitens der Befragten erreicht. Dies zeigt sich besonders bei Einzelteilnehmenden, die in zwei unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden: die „Interessierten" und die „Problemfälle". Interessierte Schüler:innen wurden von den Befragten als leicht zu erreichende Zielgruppe definiert, während Schüler:innen, die nur schwer erreicht werden, als „Problemfälle" gesehen wurden. Letztere Kategorie umfasst Kinder, die laut Wahrnehmung der Interviewpartner:innen weniger Interesse an MINT-Themen zeigen, weniger privilegiert sind und oft weiblich gelesen und/oder denen ein Migrationshintergrund zugeschrieben wurde.

(2) pädagogische Ansätze im Programm: Ein zentraler pädagogischer Ansatz vieler Befragter besteht darin, die Bedürfnisse der Kinder in den Mittelpunkt der Angebote zu stellen. Dies erfordert die Berücksichtigung der aktuellen emotionalen Zustände der Kinder, sei es bezüglich ihrer Konzentration, Stimmung oder den zeitlich variierenden Grundbedürfnissen wie Essen und Trinken. Auch die Förderung von eigenen Entscheidungen und Handlungen entsprechend der individuellen Interessen stehen für viele Befragte im Vordergrund. Aktive Anerkennung von Kompetenzen, aber auch von Prozessfortschritten und persönlicher Weiterentwicklung erfolgt seitens der Anbietenden laut einiger Aussagen durch aktives Empowerment und wertschätzende Kommunikation.

(3) Intentionen und Werte der Anbietenden: In den Interviews sprachen die interviewten Personen u. a. über ihre persönliche Motivation für ihre Tätigkeit und darüber, welche Aspekte ihnen in ihrer Arbeit besonders wichtig sind. Daraus kristallisierten sich in der Analyse verschiedene implizite Intentionen und Werte heraus, welche für bei der Gestaltung der non-formalen MINT-Bildung im Fokus zu stehen scheinen. Diese Intentionen und Werte lassen sich grob in die drei Kategorien einteilen: (a) Kindzentriert, wobei die Freude der Kinder in den Angeboten sowie die Möglichkeiten, die den Kindern durch die Teilnahme an den Angeboten gegeben werden, im Vordergrund stehen. Die Förderung der Motivation und des Selbstkonzepts der Kinder ist ein zentrales Anliegen. (b) MINT-zentriert, in denen MINT als zentrales und führendes Thema des Angebots dargestellt wurde. Prototypische MINT-Merkmale wie Neugier, Entdeckergeist und Leidenschaft werden als positiv wahrgenommen. MINT wird als eine Bereicherung für das Leben der Kinder gesehen und die Lebenswelt der Kinder ist wichtig, aber nicht im Mittelpunkt der Angebotsgestaltung. (c) Selbstzentriert, wobei die eigene

Leidenschaft und das Engagement der Anbietenden für MINT selbstmotivierend sind und die eigene Neugierde fördern. Die Arbeit mit den Kindern ermöglicht es den Anbietenden, ihre eigenen Antreiber und Werte zu bestätigen. In einigen Fällen stellten die befragten Personen ihre Arbeit mit den Kindern als eine Art Wohltätigkeit dar, über welche sie sich eine Bestätigung zu holen scheinen. Es zeichnete sich dabei eine Art Hierarchie ab, bei denen die Kinder als Abhängige der guten Taten der befragten Person dargestellt wurden.
(4) Herausforderungen: Die Notwendigkeit, an bestehendes Interesse anzuknüpfen und eine Nähe zur Lebensrealität der Kinder herzustellen wurde als einer der wichtigsten und gleichzeitig herausforderndsten Faktoren genannt. Damit zusammenhängend wurde festgestellt, dass der Zugang zu bisher nicht erreichten Zielgruppen viel Zeit erfordert und neue Konzepte benötigt werden, die ggf. neue Kooperationspartner und finanzielle Ressourcen einschließen. Auch besteht ein Bedarf an pädagogischen Weiterbildungen des Personals, insbesondere in Bezug auf die didaktische Aufbereitung von Materialien und Abläufen, den Umgang mit sonderpädagogischen Förderbedarfen sowie die Steuerung von Gruppendynamiken.

Diskussion und Implikationen

Die in dieser Studie beschriebenen Interviews haben gezeigt, dass es in der deutschen non-formalen MINT-Bildung bereits eine Vielzahl an Ideen und Bemühungen gibt, Bildungsorte zugänglicher zu gestalten. Viele der Befragten zeigten ein hohes Level an Selbstreflektion und signalisierten eine hohe Bereitschaft, sich stetig weiterzuentwickeln. An dieser Stelle sei als Limitation genannt, dass es eine positive Selektion der Befragten gab, da diese aus einem Tagungspool zur Diversität in der außerschulischen MINT-Bildung rekrutiert wurden und dementsprechend zu vermuten ist, dass sie dem Thema bereits offen eingestellt waren. Auch können die Ergebnisse der Interviews nicht den kompletten Ist-Zustand in Deutschland widerspiegeln, sondern nur erste punktuelle Einblicke liefern.
Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass Aspekte wie die Förderung von Kompetenzerleben und die Ausführung von MINT-Fähigkeiten in den Bildungsangeboten zentral und aktiv umgesetzt werden. Zusätzlich dazu wurde auch immer mal wieder bewusst darauf geachtet MINT-Stereotype aufzubrechen und die Autonomie der Teilnehmenden zu fördern. Diese Ansätze decken sich mit Forschung zu praktischen Ansätzen zur Förderung einer positiven MINT-Identität bei unterrepräsentierten Kindern und Jugendlichen in non-formaler MINT-Bildung (Çolakoğlu et al., 2023). Allerdings wurden letztere Aspekte vor allem von einer Gruppe weiblicher Befragter angegeben, die zum Teil einer jüngeren Altersgruppe angehörten oder selbst eine Migrationsgeschichte haben. In Anbetracht dieser Beobachtung drängt sich die Schlussfolgerung auf, dass auch in der Personalebene der non-formalen MINT-Bildungsorte mehr Vielfalt und Diversität in den Teams einen positiven Beitrag leisten kann.
In der Mehrheit der Aussagen zeigt sich, dass die schlecht erreichten Kinder häufig noch implizit als defizitär von den Befragten wahrgenommen werden, also als die, denen etwas fehlt (z. B. Interesse, Wissen). Darüber hinaus ist MINT oft der zentrale Ausgangspunkt für die Gestaltung von Angeboten. Praktisch könnte man bei der Gestaltung von Angeboten die Perspektive wechseln und sich fragen: Welche Potentiale haben die Kinder, die ich erreichen will? Wie können sie über das Vehikel MINT diese Potentiale anerkennen und weiterentwickeln? Und wie können sie die MINT-Angebote sogar mit ihren Perspektiven und Erfahrungen bereichern und neu mitgestalten? Das bedeutet, dass wir den Begriff der „Inklusion“ kritisch reflektieren müssen, denn wahre Inklusion sollte nicht nur Menschen in bereits bestehende Bereiche einladen und integrieren, sondern die Perspektiven dieser Menschen verstehen und ihre Lebensrealität mit in Design und Zielsetzung der Angebote einfließen lassen.

Literatur

Archer, L., Calabrese Barton, A. M., Dawson, E., Godec, S., Mau, A., & Patel, U. (2022). Fun moments or consequential experiences? A model for conceptualising and researching equitable youth outcomes from informal STEM learning. *Cultural Studies of Science Education*, *17*(2), 405–438. https://doi.org/10.1007/s11422-021-10065-5

Bachsleitner, A., Lämmchen, R., & Maaz, K. (2022). *Soziale Ungleichheit des Bildungserwerbs von der Vorschule bis zur Hochschule. Eine Forschungssynthese zwei Jahrzehnte nach PISA*. Waxmann Verlag GmbH. https://doi.org/10.31244/9783830996248

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brown, B. A., Reveles, J. M., & Kelly, G. J. (2005). Scientific literacy and discursive identity: A theoretical framework for understanding science learning. *Science Education*, *89*(5), 779–802. https://doi.org/10.1002/sce.20069

Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(8), 1187–1218. https://doi.org/10.1002/tea.20237

Çolakoğlu, J., Steegh, A., & Parchmann, I. (2023). Reimagining informal STEM learning opportunities to foster STEM identity development in underserved learners. *Frontiers in Education*, *8*, 273. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1082747

Dawson, E. (2014a). "Not Designed for Us": How Science Museums and Science Centers Socially Exclude Low-Income, Minority Ethnic Groups. *Science Education*, *98*(6), 981–1008. https://doi.org/10.1002/sce.21133

Dawson, E. (2014b). Equity in informal science education: developing an access and equity framework for science museums and science centres. *Studies in Science Education*, *50*(2), 209–247. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.957558

DeWitt, J., & Archer, L. (2017). Participation in informal science learning experiences: the rich get richer? *International Journal of Science Education, Part B*, *7*(4), 356–373. https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1360531

Durall, E., Perry, S., Hurley, M., Kapros, E., & Leinonen, T. (2021). Co-Designing for Equity in Informal Science Learning: A Proof-of-Concept Study of Design Principles. *Frontiers in Education*, *6*, Article 675325. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.675325

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. *Journal of Research in Science Teaching*, n/a-n/a. https://doi.org/10.1002/tea.20363

Jacob, M., Iannelli, C., Duta, A., & Smyth, E. (2020). Secondary school subjects and gendered STEM enrollment in higher education in Germany, Ireland, and Scotland. *International Journal of Comparative Sociology*, *61*(1), 59–78. https://doi.org/10.1177/0020715220913043

OECD. (2018). *Equity in Education: Breaking Down Barriers to Social Mobility*. PISA. Paris. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264073234-en

Stets, J. E., Brenner, P. S., Burke, P. J., & Serpe, R. T. (2017). The science identity and entering a science occupation. *Social Science Research*, *64*, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2016.10.016

Ingrid Krumphals[1]
Maria Schwarz[2]
Thomas Plotz[2]
Yultuz Omarbakiyeva[3]
Bianca Watzka[3]

[1]Pädagogische Hochschule Steiermark
[2]Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems
[3]Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Lernendenvorstellungen zu Wind von Primar- bis Oberstufe

Im alltäglichen Leben begegnen wir dem Thema Wind sehr häufig, sei es in Wetterberichten, bei Sturmwarnungen oder Berichten über Katastrophen wie Hurrikans. Daher ist ein grundlegendes Verständnis von Wind von großer Bedeutung. Dies ermöglicht nicht nur angemessene Handlungen bei Windwarnungen, sondern auch die Interpretation der Auswirkungen. Insgesamt gewährleistet ein entsprechend fundiertes Verständnis die aktive gesellschaftliche Teilhabe an Themen wie Wetter und Klima.

Das Projekt "Wetter verstehen!" (Krumphals et al., 2023) widmet sich der Entwicklung eines spiralartigen Curriculums, welches das Thema Wetter von der Grundschule bis zur Oberstufe behandelt. Ein wichtiger Bestandteil dieses Curriculums ist die Schaffung von Lernumgebungsbausteinen, im vorliegenden Fall zum Thema Wind. Dieser Kontext eignet sich besonders gut für den Sach- und Physikunterricht, da er es ermöglicht, verschiedene physikalische Grundgrößen zu thematisieren, komplexe Zusammenhänge darzustellen und zugleich Verbindungen zum Alltagsleben der Schüler:innen herzustellen. Die Entwicklung dieser Lernumgebungen basiert auf dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997). Ein zentraler Aspekt dieses Modells ist die Klärung der Perspektiven der Lernenden. Bevor konkrete Lernumgebungen entwickelt werden können, ist es daher notwendig, die Vorstellungen der Lernenden zum Thema Wind von der Grundschule bis zur Sekundarstufe II grundlegend zu erheben.

Vorstellungen zu Wind

Die Literatur zur Erforschung von Lernendenvorstellungen im Zusammenhang mit Wind ist stark fragmentiert und bietet insbesondere für verschiedene Altersstufen nur begrenzte Informationen. Konkret finden sich beispielsweise folgende Vorstellungen: Wind bringt Druck mit, Wind wird durch Wolken blockiert, Wind weht in die genannte Richtung, Wind entsteht durch Atmung oder Maschinen, Wind entsteht aus der Luft, Wind entsteht durch die Bewegung von Baumzweigen (artifizieller Zirkel) (Dove, 1998; Henriques, 2002; Piaget, 2001). Zudem finden sich auch Studien zu Vorstellungen von Studierenden beispielsweise zum Thema Tornado (van den Broeke & Arthurs 2015). Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass die Forschungslage in Bezug auf die Vorstellungen zum Thema Wind unzureichend ist, um auf dieser Grundlage fundierte Lernumgebungen für Lernende von der Grundschule bis zum Abitur zu entwickeln.

Untersuchungsdesign

Aufgrund der unbefriedigenden Forschungslage bezüglich der Vorstellungen von Lernenden unterschiedlicher Altersgruppen zum Thema Wind stellt sich im Rahmen des vorliegenden Projekts folgende Forschungsfrage: Welche Vorstellungen haben Schüler:innen der Primar- bis Sekundarstufe II in Bezug auf Wind?

Um dieser Forschungsfrage entsprechend nachkommen zu können, wurden leitfadengestützte Interviews mit Schüler:innen der Primarstufe sowie der Sekundarstufe I und II in Österreich an vier Schulen (Grundschule, Mittelschule, AHS, HTBLA) durchgeführt (N = 79).

Der Interviewleitfaden war in mehrere Abschnitte unterteilt:
1) Einstiegsfrage zum Thema Wetterbericht
2) Erklärung des Phänomens Wind
3) Kenntnis zu verschiedenen Arten von Wind
4) Kenntnis von 17 vordefinierten Begrifflichkeiten (Ja/Nein)
- Bei "Ja": Einordnung oder Nicht-Einordnung der Begriffe in Bezug auf das Thema Wind (Ja oder Nein, mit Begründung)
5) Transferaufgabe zur Windrichtung

Die Interviewdauer betrug im Mittel zehn Minuten. Die Audioaufnahmen wurden transkribiert und einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen (Kuckartz 2018). Dies führte zu einem Kategoriensystem mit einer Intercoder-Reliabilität (Kodierung zweier Personen) von $\kappa = 0.92$ (wobei für die einzelnen Oberkategorien Kappa folgende Bedingung erfüllt: $0.64 < \kappa \leq 1$). Somit liegt Kappa laut Landis & Koch (1977) im Bereich einer substanziellen und (fast) vollkommenen Übereinstimmung für die bisher ausgewerteten Kategorien.

Stichprobe

Die Stichprobe (siehe Abb.1.) ist verteilt über die Schularten sowie über die unterschiedlichen Schulniveaus. Hinsichtlich der Verteilung des Geschlechts ergibt sich insgesamt das Bild von ein Drittel weiblichen und zwei Drittel männlichen Proband:innen. Diese Verzerrung ergibt sich u.a. durch die Tatsache, dass in der HTBLA zum Großteil männliche Schüler:innen zu finden sind.

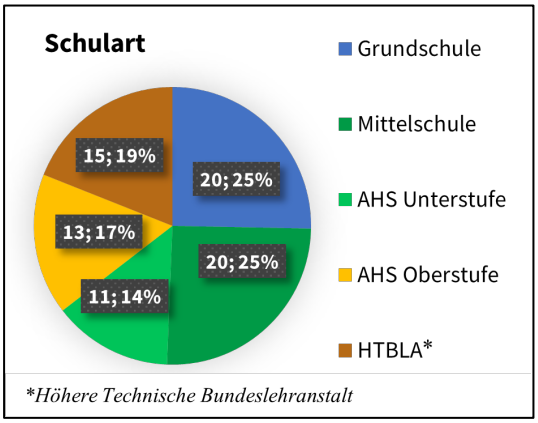


Abb.1: Verteilung der Stichprobe über die einzelnen Schularten

Ausgewählte Ergebnisse

Alle Befragten aus den drei Bildungsstufen haben ein mentales Konzept von Wind. Dies zeigt sich darin, dass nahezu alle Proband:innen Ideen zum Thema Wind beschreiben, unabhängig davon, ob diese fachlich angemessen oder unangemessen sind (siehe Abb. 2). Nur wenige äußern aktiv Unsicherheiten bezüglich ihrer Fähigkeit, Wind zu beschreiben, oder geben an, keine Vorstellung von Wind zu haben.
Anders gestaltet sich die Situation, wenn es um das Konzept oder die Idee zur Entstehung von Wind geht. In der Stichprobe finden sich über alle Bildungsstufen hinweg deutlich mehr Personen, die keine klaren Vorstellungen zur Entstehung von Wind äußern, und einige der Befragten geben an, überhaupt keine Vorstellung davon zu haben, wie Wind entsteht. Dieses Ergebnis weist deutlich darauf hin, dass es in Bezug auf das Phänomen der Windentstehung auf allen drei Bildungsebenen erhebliche Leerstellen gibt.

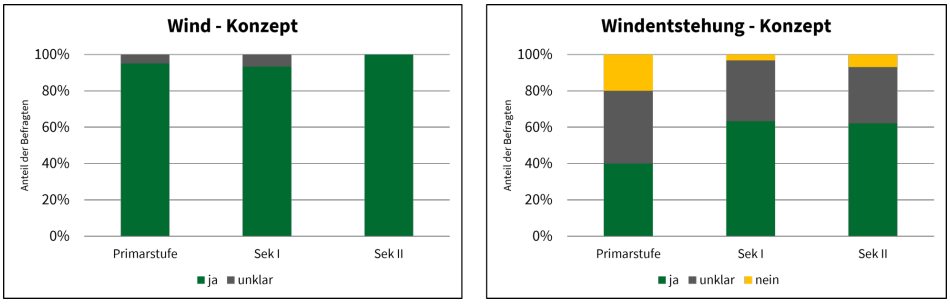


Abb. 2: Vorhandensein von Konzepten zu Wind bzw. Windentstehung in der Primarstufe, Sekundarstufe I und II

Die Analyse der Beschreibungen von Wind und seiner Entstehung hat interessante und teilweise unerwartete Vorstellungen zutage gebracht. In Bezug auf die Beschreibungen von Wind konnte 61 % der Befragten die Kategorie "Wind ist Luft" zugeordnet werden. 53 % erwähnten die Schnelligkeit und Stärke von Wind oder Luft, während 41 % angaben, dass Wind bläst, weht, fließt oder strömt. 34 % meinten, dass Wind Bewegungen von Objekten verursacht, und 33 % gaben an, dass sich Luft bewegt. Darüber hinaus äußerten 29 % Vorstellungen wie "Wind ist kalt" oder "macht kälter", und 28 % erwähnten eine Empfindung (Gefühlswahrnehmung) von Wind.
In Bezug auf die Entstehung von Wind gaben 41 % der Proband:innen an, keine Idee oder Zweifel daran zu haben, wie Wind entsteht. 33 % brachten die Windentstehung mit Unterschieden in Verbindung, wie etwa Temperaturunterschieden oder Druckunterschieden. Knapp ein Drittel (30 %) beschrieb die Windentstehung als die aktive Bewegung von Objekten, wie beispielsweise Autos, Wolken oder die Erde.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen bekannte Vorstellungen zum Thema Wind, wie sie bereits in der Literatur zu finden sind (z.B. Henriques, 2002; Piaget, 2001; Bar & Galili, 1994). Darüber hinaus tragen sie maßgeblich zur Erweiterung des Feldes der Lernendenvorstellungen zum Thema Wind bei. Ein besonders bedeutsamer Aspekt ist, dass die Studie Proband:innen aus allen drei Bildungsbereichen – Primarstufe, Sekundarstufe I und II – einbezieht. Es lassen sich kaum Unterschiede zwischen den drei Bildungsbereichen in Bezug auf das Verständnis der Begrifflichkeiten sowie der Vorstellungen zu Wind und seiner Entstehung feststellen. Mit anderen Worten deutet dies darauf hin, dass die Lernenden im Wesentlichen ähnliche Ideen und Konzepte in Bezug auf Wind teilen.
Besonders bemerkenswert sind die identifizierten Wissenslücken in Bezug auf das Konzept der Windentstehung. Dies verdeutlicht, dass die in den Lehrplänen verankerten Inhalte, wie beispielsweise Temperatur und Druck in der Sekundarstufe I, kaum von den Proband:innen (insbesondere in der Sekundarstufe II) auf das Thema Windentstehung angewandt werden können. Diese Studie zeigt auch auf, dass ein so alltägliches und in der heutigen Zeit besonders relevantes Thema, insbesondere aufgrund der Zunahme extremer Wetterereignisse und Stürme, von Schüler:innen nur fragmentarisch verstanden wird. Daher gewinnt die fundierte Behandlung des Themas Wind im Unterricht an Bedeutung.
Konkret werden im Projekt "Wetter verstehen!" (Krumphals et al., 2023) nun auf Grundlage der vorliegenden Studienergebnisse weitere Schritte gesetzt, um Lernumgebungen zu entwickeln, die das Verständnis von Wind von der Primarstufe bis zum Abitur fördern sollen.

Literatur

Bar, V. & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, *16*(2), 157–174.

Dove, J. (1998). Alternative Conceptions about the Weather. *School Science Review*, *79*(289), 65–69.

Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, *102*(5), 202–215.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *3*(3), 3–18.

Krumphals, I., Plotz, T. & Watzka, B. (2023). Ein deutsch-österreichisches Entwicklungsprojekt zum Thema Wetter. In van Vorst, H. (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung, Aachen, 2022* (584-587). Essen: GDCP.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung,* Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Landis, J.R. & Koch, G.G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, *33*(1), 159–174.

Piaget, J. (2001). *The Child's Conception of Physical Causality,* London: Taylor and Francis.

van den Broeke, M.S. & Arthurs, L. (2015). Conceptions of Tornado Wind Speed and Land Surface Interactions Among Undergraduate Students in Nebraska. *Journal of Geoscience Education, 63*(4), 323–331

Bianca Watzka [1]
Yultuz Omarbakiyeva [1]
Maria Schwarz[2]
Ingrid Krumphals[3]

[1]OVGU Magdeburg
[2] KPH Wien / Krems
[3]PH Steiermark

Winddarstellungen verstehen im Primarbereich: Eine Eye-Tracking-Studie

Abstract
Das Thema 'Wind' nimmt in vielen Bildungs- und Lehrplänen des deutschsprachigen Raums einen festen Platz im Sachunterricht der Primarstufe ein. Im Unterrichtskontext werden oft Abbildungen (z.B. Windsack) verwendet, die die Kernkonzepte „Wind als bewegte Luft", „Richtung des Winds" und „Stärke des Winds" illustrieren. Jedoch bleibt bisher unklar, wie Grundschüler:innen diese Abbildungen aus Schulbüchern interpretieren und inwiefern individuelle Lernvoraussetzungen ihre Interpretationsfähigkeit beeinflussen. Ziel dieser Studie ist es u.a., zu ergründen, wie die mentale Rotationsfähigkeit die Interpretation solcher Winddarstellungen (z.B. Orientierung des Windsacks) beeinflussen und diese Erkenntnisse durch die Analyse des Blickverhaltens während der Interpretation zu untermauern.

Theorie
Piaget (2001) stellt fest, dass das Verständnis von Wind und dessen Entstehung im Kindesalter verschiedenen Entwicklungsphasen unterliegt. Sechs Jahre alte Kinder neigen dazu zu glauben, dass der Wind durch Atmung oder Maschinen erzeugt wird. Mit acht Jahren entsteht häufig die Vorstellung, dass die Bewegung der Baumzweige den Wind verursacht. Erst im Alter von zehn Jahren beginnen viele Kinder zu glauben, dass sich der Wind selbstständig aus der Luft bildet, auch wenn die genauen Mechanismen für sie weiterhin unerklärlich bleiben. Diese konzeptionellen Hürden werden durch empirische Studien untermauert. Dove (1998) hat gezeigt, dass Schüler:innen aller Altersgruppen Schwierigkeiten dabei haben, sowohl die Entstehung des Windes als auch die Variationen der Windgeschwindigkeiten adäquat zu erklären. Mandrikas, Skordoulis und Halkia (2013) ergänzen diese Erkenntnisse durch ihre Studie, in der sie feststellten, dass lediglich 22% der angehenden Lehrkräfte für den Primarbereich die Frage korrekt beantworten konnten, wie Winde benannt werden. Eine weit verbreitete Fehlvorstellung dabei ist die Annahme, der Wind werde nach dem Punkt am Horizont benannt, in dessen Richtung er weht.
Obwohl es zahlreiche Untersuchungen zu Fehlvorstellungen bezüglich der Windrichtung gibt, bleibt die genaue Ursache dieser Missverständnisse weitgehend unerforscht. Eine plausible Hypothese könnte sich auf die kognitiven Fähigkeiten konzentrieren, die für die korrekte Bestimmung der Windrichtung erforderlich sind. Insbesondere die mentale Rotationsfähigkeit spielt eine zentrale Rolle. Sie ermöglicht es Individuen, räumliche Informationen aus unterschiedlichen Quellen und Perspektiven zu verarbeiten und somit ein umfassendes Verständnis für die Bewegung und Richtung des Windes zu entwickeln. Die Rolle dieser spezifischen kognitiven Fähigkeit in Bezug auf Fehlvorstellungen zur Windrichtung ist jedoch bisher nicht ausreichend untersucht worden.

Methodik

Stichprobe. Die Untersuchung wurde im Frühjahr 2023 an einer internationalen Grundschule im Rahmen von Projekttagen durchgeführt. Die Stichprobe bestand aus 34 Kindern im Alter von sechs bis acht Jahren (M=6.98, SD=0.78), wobei 16 Mädchen und 18 Jungen teilnahmen. Von diesen besuchten zwölf Kinder die erste, 16 die zweite und sechs die dritte Klasse. Während zwölf der teilnehmenden Kinder Deutsch als Muttersprache angaben, war Deutsch für 22 Kinder eine Zweitsprache.

Studiendesign und Ablauf. Der Studie lag ein Vor-/Nachtest-Design zu Grunde (siehe Abb. 1).

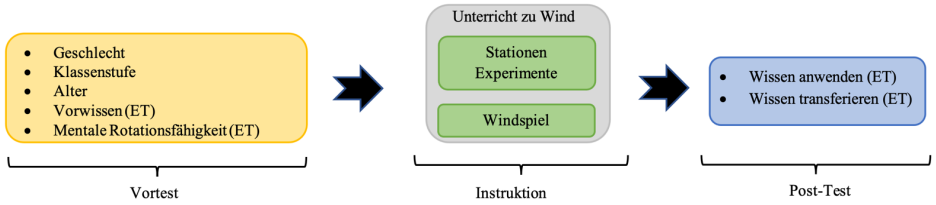


Abb. 1: Ausschnitt aus dem Design der Studie und Übersicht über die Instrumente. (ET) steht für das Erfassen der Blickbewegungen.

Instruktions- und Erhebungsmaterialien. Der Vortest enthielt Fragen zur demografischen Verteilung (vier Items: Geschlecht, Alter, Klassenstufe, Sprachgebrauch zu Hause), eine Skala zum Vorwissen über Winddarstellungen aus Schulbüchern (sechs Items; Cronbachs α = 0.74; eigene Konstruktion) und eine adaptierte Subskala zur mentalen Rotationsfähigkeit im Grundschulalter. Diese Subskala bestand ursprünglich aus fünf Items, wovon zwei Items wegen geringer interner Konsistenz entfernt wurden (drei Items; Cronbachs α = 0.75; Bott, Poltz & Ehlert, 2023).

Die Instruktion fand im Klassenverband statt und umfasste zwei Phasen. In der experimentellen Phase arbeiteten die Kinder in Duos und nutzten kleine Tischventilatoren, um Windrichtungen zu simulieren. Auf ihrem Tisch befanden sich Flaggen, die auf Landkarten mit Himmelsrichtungen positioniert waren. Die Kinder hatten die Aufgabe, insgesamt acht vorgegebene Windrichtungen mit den Ventilatoren nachzustellen. Währenddessen markierten sie kontinuierlich die Position des Ventilators sowie die Ausrichtung der Flagge auf einem Arbeitsblatt. In der spielerischen Phase versammelten sich die Kinder im Kreis um einen Teppich, auf dem eine Weltkarte abgebildet war. Zunächst platzierten sie Markierungen für die Himmelsrichtungen auf dieser Karte. Danach erhielt jedes Kind eine Aufgabenkarte mit einer Windrichtungsangabe. Ein ausgewähltes Kind positionierte sich mit einer Fahne auf einem bestimmten Punkt der Weltkarte und hielt diese hoch. Ein anderes Kind las die Windrichtungsangabe seiner Aufgabenkarte vor und sollte dann mit einem großen Ventilator den entsprechenden Wind nachstellen. Dazu positionierte es sich an der vorgegebenen Himmelsrichtung und richtete den Ventilator auf die hochgehaltene Fahne aus. Die übrigen Kinder im Kreis beobachteten die Bewegung der Fahne und gaben, wenn nötig, korrigierende Hinweise zur Ausrichtung des Ventilators. Dieses Spiel wurde insgesamt zehn Mal durchgeführt.

Der Nachtest enthielt zwei Skalen, eine zur Bestimmung der Windrichtung und eine zur Bestimmung der Windstärke. Die Skala zur Bestimmung der Windrichtung enthielt acht multiple Choice Items (Cronbachs α = 0.93) und die Skala zu Bestimmung der Windstärke bestand aus vier multiple Choice Items (Cronbachs α = 0.86).

Ergebnisse

Die mentale Rotationsfähigkeit beeinflusst signifikant, wie erfolgreich Grundschüler:innen bei der Bestimmung von Windrichtungen sind ($F(1, 33) = 70.79, p < .001$). Erstaunlicherweise erklärt diese Fähigkeit nahezu 70 % der Varianz des Lösungserfolges bei entsprechenden Aufgaben. Dies wird von Cohen (1992) als starker Effekt ($f = 1.49$) eingestuft. Interessant ist zudem, dass sich die Fähigkeit zur Bestimmung der Windrichtung mit jedem zusätzlichen Punkt auf der Skala der mentalen Rotationsfähigkeit um das 2,4-fache steigert.

Die Auswertung der Blickbewegungen offenbart Unterschiede in den Sakkadenverteilungen. Diese Unterschiede werden in Polardiagrammen dargestellt, wobei die Sakkadenlängen durch den Radius, die Sakkadenrichtungen durch den Winkel und die Häufigkeiten durch eine unterschiedliche Farbgebung repräsentiert werden (vgl. Le Meur & Liu, 2015). Auffallend sind insbesondere die Diskrepanzen in den Sakkadenlängen und -richtungen zwischen Kindern mit unterschiedlichen Fähigkeiten hinsichtlich der mentalen Rotation während der Bestimmung von Windrichtungen (vgl. Abb. 2). Dabei weisen Kinder mit einer höheren mentalen Rotationsfähigkeit nicht nur einen größeren Blickwinkel auf, sondern auch eine höhere Häufigkeit von langen Sakkaden im Vergleich zu Kindern mit geringerer mentaler Rotationsfähigkeit.

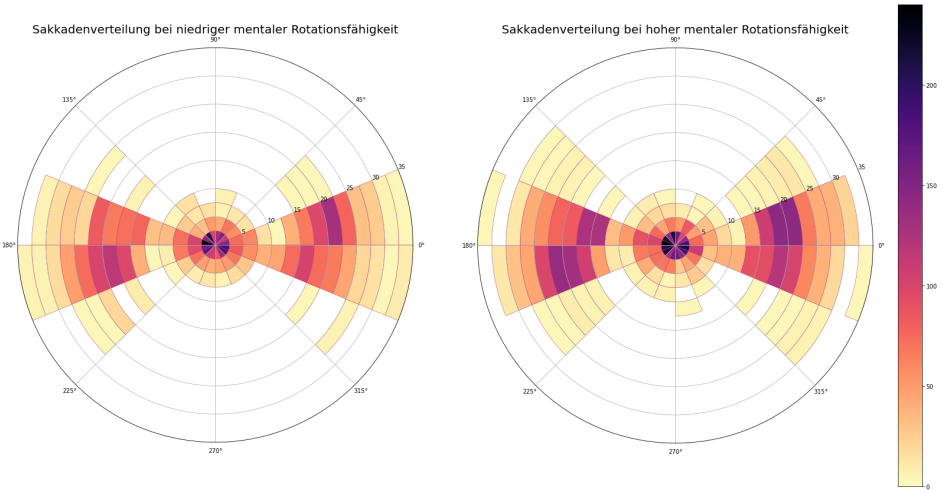


Abb. 2: Sakkadenverteilungen während der Bestimmung der Windrichtung (z.B. Orientierung eines Windsacks in einer Abbildung) bei niedriger (links) und hoher (rechts) mentaler Rotationsfähigkeit.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass mentale Rotationsfähigkeiten bei der Windrichtungsbestimmung in Abbildungen im Primarbereich eine Rolle spielen könnten. Diese Befunde ergänzen den aktuellen Forschungsstand, obwohl methodische Einschränkungen, wie die kleine Stichprobengröße und die Verwendung einer gekürzten Rotationsskala, berücksichtigt werden müssen. Weitere Forschung mit größeren Stichproben und umfassenderen Messinstrumenten ist erforderlich, um die Ergebnisse zu bestätigen und zu vertiefen.

Literatur

Bott, H., Poltz N., und Ehlert, A. (2023). Erfassung mentaler Rotationsleistungen im Grundschulalter: Ein computerbasiertes Testverfahren für die ersten bis dritte Klasse (cMR), *Diagnostica 69*, pp. 121-132. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000309

Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. Current Directions in Psychological Science, 1(3), 98-101. https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783

Dove, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. School Science Review, 79(289), pp. 65-69.

Le Meur, O. & Liu, Z. (2015). Saccadic model of eye movements for free-viewing condition, Vision Research, 116, pp. 152-164. https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.12.026

Mandrikas, A., Skordoulis, C., & Halkia, K. (2013). Pre-Service Elementary Teachers' Conceptions about Wind, International Journal of Science Education, 35(11), pp. 1902-1924, DOI: 10.1080/09500693.2012.706374

Piaget, J. (2001). The Child's Conception of Physical Causality (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351305082

Deborah Milwa
Rita Wodzinski
Universität Kassel

Analysekompetenz beim Beurteilen von Erklärvideos im Sachunterricht

Die gestiegene Popularität von Erklärvideos (Kulgemeyer, 2018) und der zunehmende Einsatz dieser im Grundschulunterricht (Dorgerloh & Wolf, 2020) erfordern bei Lehrkräften die Fähigkeit, passende Videos für ihren Unterricht auszuwählen. Bisherige Forschung zu Erklärvideos beschäftigt sich meist damit, wie fachliches Lernen mit Erklärvideos unterstützt werden kann (z.B. Kulgemeyer, 2018). Somit wird bisher wenig betrachtet, wie die Beurteilung von Erklärvideos gelernt werden kann. An dieser Stelle setzt das hier vorgestellte Projekt an, in dem untersucht wird, wie Sachunterrichtsstudierende lernen können, Erklärvideos unter Verwendung von Qualitätskriterien zu beurteilen. Dazu wird ein in Anlehnung an die Kernideen von Kulgemeyer (2018) entwickeltes Qualitätsraster verwendet, das zwischen medien-, fachdidaktischen und fachlichen Kriterien unterscheidet (siehe Milwa, Trützschler, Ziepprecht & Wodzinski, 2023). Auf diese Weise wird ein ganzheitlicher Blick auf Erklärvideos ermöglicht.

Professionelle Kompetenz

Die Beurteilung von Erklärvideos stellt für Lehrkräfte eine große Herausforderung dar (Müller & Oeste-Reiß, 2019), für die eine ausgeprägte professionelle Kompetenz benötigt wird (Baumert & Kunter, 2006). Eine Übersicht über diese professionelle Kompetenz unter Berücksichtigung digitaler Medien gibt das TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006), welches das Wissen über die komplexen Zusammenhänge von digitalen Medien, Pädagogik und Inhalt beschreibt. Ein Hinweis auf hohe professionelle Kompetenzen besteht dann, wenn hohe Fähigkeiten in der professionellen Wahrnehmung bzw. synonym dazu in der Analysekompetenz (AK) vorhanden sind (Seidel & Prenzel, 2007). Diese umfasst die Fähigkeit, relevante Unterrichtssituationen wahrzunehmen und zu interpretieren (Sherin & van Es, 2009).

Dieser Idee folgend wird der Frage nachgegangen, inwieweit AK bei der Beurteilung von Erklärvideos benötigt wird. Dazu wird das empirisch überprüfte Modell der Analysekompetenz nach Seidel und Stürmer (2014) genutzt, das im Folgenden nicht in Bezug auf Unterrichtssituationen, sondern in Bezug auf Erklärvideos erläutert wird. Das Modell unterscheidet zwischen selektiver Wahrnehmung, welche die Fähigkeit beschreibt, ein relevantes Element im Erklärvideo wahrnehmen zu können, und dem wissensgestützten Schlussfolgern, das die Interpretation und die Vorhersage weiterer Folgen des Erklärvideos umfasst. Zudem teilt das Modell das wissensgestützte Schlussfolgern in drei Subfacetten ein: 1) dem *Beschreiben,* bei dem ein Element eines Erklärvideos möglichst neutral beschrieben wird, 2) dem *Erklären/Beurteilen,* bei dem das Element bewertet wird und 3) dem *Vorhersagen,* bei dem Konsequenzen für das Lernen der Schüler:innen diskutiert werden.

Bisherige Forschungsergebnisse zur AK weisen darauf hin, dass erfahrene Lehrkräfte höhere Fähigkeiten in der AK als Studierende aufweisen. Sie können Unterrichtssituationen differenzierter, schneller und umfassender wahrnehmen und ihre Aufmerksamkeit auf mehrere Aspekte gleichzeitig lenken (Cortina, Miller, McKenzie & Epstein, 2015; König & Lebens, 2012; Seidel & Prenzel, 2007).

Fragestellungen & Methodik

Wie eingangs erläutert, wird untersucht, inwieweit die Analysekompetenz bei der differenzierten Beurteilung von Erklärvideos benötigt wird. Als Maße für eine differenzierte Beurteilung eines Erklärvideos werden daher sowohl die Anzahl der angesprochenen Qualitätskriterien (QK) als auch die vorhandene Analysekompetenz berücksichtigt. Dementsprechend wird im Projekt unter anderem folgenden Fragestellungen nachgegangen:

FF 3.1 Wie manifestiert sich die Analysekompetenz der Studierenden in den Beurteilungen der Videos im Unterschied zu Expert:innen?

FF 3.2 Wie verhalten sich Qualitätskriterien und Analysekompetenz als Maße differenzierter Beurteilung von Videos zueinander?

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen beurteilen Sachunterrichtsstudierende ein Erklärvideo zum Thema Jahreszeiten des YouTube-Kanals Wetterschule im Pre-Post-Design. Dazu sammeln sie medien-, fachdidaktisch und fachlich gelungene und nicht gelungene Aspekte des Videos in einer Tabelle. Im Treatment erhalten die Studierenden Videos unterschiedlicher Qualität, die miteinander kontrastiert und verglichen werden.

Tab. 1: Kategorien Analysekompetenz

Kategorien Analysekompetenz	
	I. selektive Wahrnehmung
	II. Beschreiben
	III.1 Beurteilen ohne Begründung
	III.2 Beurteilen mit Begründung
	IV.a Verbessern des Videos
	IV.b Prognostizieren des Lerneffekts

Zur Auswertung werden die Pre- und Posttests der Studierenden einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Gläser-Zikuda (2013) unterzogen. Zur Kategorienbildung wird das Modell zur Analysekompetenz nach Seidel und Stürmer (2014) herangezogen, das induktiv ergänzt wird (s. Tab. 1). Ergänzt wird somit eine Unterscheidung des Beurteilens in „ohne“ und „mit Begründung“ und das Verbessern des Videos sowie das Prognostizieren des Lerneffekts im Sinne der Vorhersage.

Von SoSe 2021 bis SoSe 2023 wurden insgesamt $N = 61$ Studierende befragt, von denen 11 besonders auffallende Einzelfälle ausgewählt wurden, um sie einer eingehenden Betrachtung der AK zu unterziehen. Zusätzlich wurden 5 Expert:innen aus Mediendidaktik und Sachunterricht befragt, um einen Vergleich zwischen Studierenden und Expert:innen zu ermöglichen.

Ergebnisse

Um zu ermitteln, wie ausgeprägt die AK in den Beurteilungen von Studierenden und Expert:innen ist und wie die Relation zwischen QK und AK ausfällt, werden zunächst Niveaustufen zu beiden Maßen ermittelt. Im Fall der Analysekompetenz werden für jede Aussage entsprechend der Kategorien ein bis fünf Punkte vergeben, sodass sich ein Score pro Einzelfall ergibt, der für die Vergleichbarkeit der Daten z-standardisiert wird. Die Bandbreite der z-Werte wird anschließend in 5 äquidistante Leistungsniveaus von sehr niedriger bis sehr hoher AK eingeteilt. Analog werden die fünf Leistungsniveaus bei den Qualitätskriterien von sehr wenigen bis sehr vielen angesprochenen QK ermittelt.

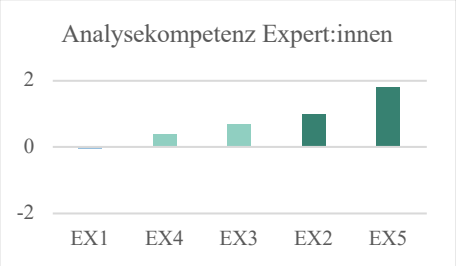


Abb. 1: AK Expert:innen

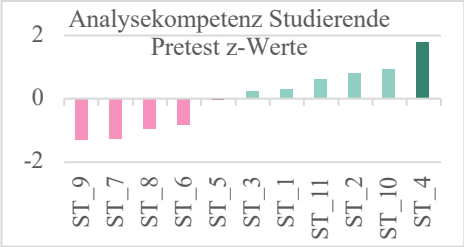


Abb. 3: AK Studierende Pretest

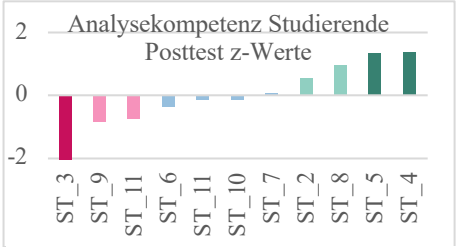


Abb. 2: AK Studierende Posttest

Die Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden im Pretest eine große Breite von niedriger bis sehr hoher Analysekompetenz aufweisen (s. Abb. 2). Auch im Posttest ergibt sich eine große Bandbreite, hier jedoch mit sehr niedriger Analysekompetenz und mehr Studierenden mit mittlerer und sehr hoher Analysekompetenz (s. Abb. 3). Diese Bandbreite zeigt sich bei den Expert:innen nicht; diese steigen direkt bei mittlerer Analysekompetenz ein und erreichen am häufigsten hohe bis sehr hohe Analysekompetenz (s. Abb. 1).

Einzelfallbetrachtung

Von besonderem Interesse ist der Einzelfall ST_5, da dieser große Veränderungen zwischen Pre- und Posttest zeigt. So spricht die Studentin deutlich weniger Qualitätskriterien im Posttest an und die Aussagen verändern sich von beschreibender Natur hin zu Beurteilungen mit Begründungen oder gar Vorhersagen. Das Video wird daher weniger in der Breite anhand weniger Qualitätskriterien betrachtet, sodass stattdessen einzelne Aspekte des Videos herausgegriffen werden und mit höherer Analysekompetenz vertieft betrachtet werden. Somit ergibt sich bei dieser Studentin ein gegenteiliger Verlauf zwischen AK und QK (s. Tab. 2).

Relation Analysekompetenz und Qualitätskriterien

Zur Überprüfung, ob sich ähnliche Verläufe auch bei anderen Studierenden manifestieren, wird zunächst betrachtet, ob sich eine Veränderung in AK und QK zwischen Pre- und Posttest ergibt. Wenn es eine solche Entwicklung nicht gibt, dann wird das Ergebnis im Posttest herangezogen. Ein gegenteiliger Verlauf zeigt sich auch bei vielen anderen Studierenden (s. Tab. 2): So sinkt entweder die Analysekompetenz ab und die Anzahl angesprochener Qualitätskriterien steigt oder anders herum. Dies ist jedoch nicht bei allen Studierenden der Fall: Bei zwei Studierenden steigen Analysekompetenz und Qualitätskriterien an, während sich bei weiteren drei Studierenden beide Maße konstant invers verhalten. Dementsprechend kann nicht davon ausgegangen werden, dass AK und QK bei den Studierenden gleichermaßen ansteigen. Vielmehr gehen die Studierenden entweder in die Breite und sprechen mehr Qualitätskriterien an oder sie gehen in die Tiefe mit höherer Analysekompetenz.

Gründe hierfür könnten in der Bearbeitungszeit der Aufgabenstellung liegen, die limitiert, wie viel die Studierenden bearbeiten können. Möglich wäre aber auch, dass die Studierenden hohe mentale Anstrengung aufbringen müssen, um Qualitätskriterien und hohe Analysekompetenz zusammenzubringen, sodass sie nur bei einem Maß hohe Werte aufweisen.

Daraus kann geschlossen werden, dass es sich bei der Analyse von Erklärvideos um eine Aufgabenstellung hoher Komplexität handelt, die Studierende vor große Herausforderungen stellt. Daher könnte eine Vereinfachung der Aufgabe, indem nur Teilaspekte wie z.B. einzelne Qualitätskriterien betrachtet werden, die Studierenden effektiv unterstützen.

Tabelle 2: Relation Analysekompetenz und Qualitätskriterien

	Analysekompetenz		Qualitätskriterien		Verlauf
ST_1	4	3	2	4	gegenläufig
ST_3	4	1	4	4	gegenläufig
ST_5	3	5	5	3	gegenläufig
ST_8	2	4	4	1	gegenläufig
ST_10	4	3	2	5	gegenläufig
ST_11	4	2	3	4	gegenläufig
ST_6	2	3	3	5	ansteigend
ST_7	2	3	3	5	ansteigend
ST_2	4	4	5	5	konstant invers
ST_4	5	5	1	1	konstant invers
ST_9	2	2	5	5	konstant invers

Literaturverzeichnis

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Cortina, K. S., Miller, K. F., McKenzie, R. & Epstein, A. (2015). Where Low and High Inference Data Converge: Validation of CLASS Assessment of Mathematics Instruction Using Mobile Eye Tracking with Expert and Novice Teachers. *International journal of science and mathematics education*, *13*(2), 389–403. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9610-5

Dorgerloh, S. & Wolf, K. D. (Hrsg.). (2020). *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (Pädagogik, 1. Auflage). Weinheim: Beltz. Verfügbar unter: http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407631770

Gläser-Zikuda, M. (2013). Qualitative Inhaltsanalyse in der Bildungsforschung – Beispiele aus diversen Studien. *Introspektive Verfahren und qualitative Inhaltsanalyse in der Fremdsprachenforschung*, *Kolloquium Fremdsprachenunterricht*. https://doi.org/10.25656/01:12857

König, J. & Lebens, M. (2012). Classroom Management Expertise (CME) von Lehrkräften messen: Überlegungen zur Testung mithilfe von Videovignetten und erste empirische Befunde, *5*(1), 3–28. https://doi.org/10.25656/01:14729

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, *50*(6), 2441–2462. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7

Milwa, D., Trützschler, S., Ziepprecht, K. & Wodzinski, R. (2023). *Entwicklung eines Kriterienrasters zur Beurteilung der Qualität von Erklärvideos und dessen Einsatzmöglichkeiten in Lehrkräftebildung und Unterricht*. https://doi.org/10.17170/kobra-202302027443

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, *108*(6), 1017–1054. Verfügbar unter: https://www.learntechlib.org/p/99246/?nl=1

Müller, F. & Oeste-Reiß, S. (2019). Entwicklung eines Bewertungsinstruments zur Qualität von Lernmaterial am Beispiel des Erklärvideos. In J. M. Leimeister & K. David (Hrsg.), *Chancen und Herausforderungen des digitalen Lernens* (Kompetenzmanagement in Organisationen, S. 51–73). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59390-5_4

Seidel, T. & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen — Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, Bd. 8.2007, S. 201–216). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_12

Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. *American Educational Research Journal*, *51*(4), 739–771. https://doi.org/10.3102/0002831214531321

Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. *Journal of Teacher Education*, *60*(1), 20–37. https://doi.org/10.1177/0022487108328155

Patricia Breunig
Karsten Rincke

Universität Regensburg

Multidimensionale Untersuchung von Erklärvideos im Flipped Classroom

Forschungsinteresse

Die zunehmende Digitalisierung aller Lebensbereiche ist für den gesamten Bildungsbereich Chance und Herausforderung zugleich und verändert Bildungsprozesse sowie Bildungsziele (Kultusministerkonferenz, 2017). Digitale Medien wie Erklärvideos „sind bereits Teil des digitalen Wandels, der sich auch auf die Lernkultur auswirkt […], die Frage ist nicht (mehr), ob man mit Erklärvideos besser lernt, sondern wie man mit Erklärvideos besser lernt […]." (Fey, 2021, S. 27). Studien (u.a. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2021; Rat für kulturelle Bildung, 2019) machen deutlich, dass Videos in Schule und Alltag der Schüler:innen präsent sind. Der Einsatz von Erklärvideos im schulischen Kontext wird durch Unterrichtsmethoden wie „Flipped Classroom" möglich. In der Selbstlernphase zu Hause erfolgt mithilfe von Videos die Instruktion zu den neuen Inhalten, welche in der anschließenden schulischen Präsenzlernphase überprüft, angewandt und weiterentwickelt werden (Weiß, 2021, S. 16f.). Bisherige Untersuchungen im Physikunterricht wie die Studie von Finkenberg (2018) sprechen für eine Anwendung des Flipped Classroom. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Arbeit mit den Erklärvideos aktiv erfolgt (Kulgemeyer 2023). Jedoch wird eine oberflächliche Verarbeitung der Videoinhalte durch die flüchtige Darstellung von Informationen (Schmidt-Borcherding, 2020) und die bei der Arbeit mit Erklärvideos häufig vorkommende „passive konsumistische Erwartungshaltung" (Matthes, Siegel, Heiland, 2021, S. 9, 139) begünstigt. Dem entgegenwirken können die Anwendung geeigneter Strategien zum Lernen mit Erklärvideos sowie die Möglichkeit, die Videos individuell steuern (pausieren, zurückspulen, wiederholen usw.) zu können (Schmidt-Borcherding, 2020; Werner, Ebel, Spannagel, Bayer, 2018, S. 69). Bei der Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit wurden lernwirksame Effekte festgestellt, welche aber neben der Komplexität der Inhalte auch von den individuellen Voraussetzungen der Lernenden abhängig zu sein scheinen. Weiterhin ist zu beachten, dass auch die Nutzung interaktiver Funktionen zusätzliche kognitive Ressourcen beansprucht (Merkt & Schwan, 2016). Neben seiner organisatorischen Einbettung ist die Qualität des Flipped Classroom auch abhängig von der Qualität der darin eingesetzten Elemente (Kulgemeyer, 2023). Um eine hohe Qualität eines Erklärvideos sicherzustellen, muss bei dessen Erstellung insbesondere auf eine hohe Adaption an Vorwissen und Interessen der Zielgruppe geachtet werden. Prä-Konzepte sollen sinnvoll aufgegriffen und Beispiele thematisiert werden (Kulgemeyer, 2018; Sterzing, 2022, S. 26f.). Muller, Bewes, Sharma und Reimann (2007) empfehlen die explizite Thematisierung von inkorrekten Prä-Konzepten, allerdings empfanden die Studienteilnehmenden die Arbeit mit solchen Videos als mental anstrengender, sodass insbesondere lernschwächere Schüler:innen in ihrem Lernen gehindert werden könnten. Weiterhin stellt sich die Frage, ob insbesondere bei einer passiven Rezeption eines solchen Videos die Gefahr besteht, dass thematisierte falsche Schülervorstellungen in Erinnerung bleiben und/oder bereits vorhandene Fehlvorstellungen bekräftigt werden. Mitunter kommt es zu „Verstehensillusionen", welche für weitere Lernprozesse hinderlich sein können (Kulgemeyer & Wittwer, 2022).

Es ist also fraglich, inwiefern eine Thematisierung von Schülervorstellungen gegenüber der Behandlung von Anwendungsbeispielen in Erklärvideos sinnvoll ist. Das Forschungsprojekt „FALKE-d Physik“[1] untersucht Erklärvideos in mehreren Dimensionen, wobei in diesem Beitrag der Fokus auf die Lernwirksamkeit der Medien und deren Einsatz im Flipped Classroom gesetzt wird:

- Wie wirkt sich die Thematisierung von Schülervorstellungen im Vergleich zu Anwendungsbeispielen in einem Erklärvideo auf den Lernzuwachs aus?
- Erfolgt im Rahmen der häuslichen Selbstlernphasen eine sinnvolle Nutzung der Erklärvideos bzw. inwiefern interagieren Schüler:innen mit den digitalen Medien?

Studiendesign

Zur Beantwortung dieser und weiterer Forschungsfragen wurde in den Schuljahren 2021-2023 eine Studie im Prä-Post-Follow-Up Design an Realschulen und Gymnasien in Bayern durchgeführt (siehe auch Breunig & Rincke, 2022, 2023). Die im Rahmen des Projekts eingesetzten Erklärvideos wurden selbst produziert und in zweierlei Hinsicht variiert. Nach einem identischen Hauptteil mit Erläuterung der physikalischen Konzepte behandelte die Videoversion „A“ im Zusatzteil Anwendungsbeispiele, während die Videoversion „S“ an dieser Stelle verbreitete, aber fachlich fehlerhafte Schülervorstellungen thematisierte und explizit als falsch deklarierte. Im Hauptteil beinhielten alle Videos „Prompts“, also Aufforderungen, das Video zu pausieren und eine kurze Aufgabe zu bearbeiten. Die Datenerhebungen fanden im Rahmen einer im Flipped Classroom durchgeführten Unterrichtssequenz in 7. und 8. Jahrgangsstufen statt. Die Aufteilung in die beiden Interventionsgruppen „A“ und „S“ erfolgte jeweils innerhalb einer Klasse, sodass ein faktisch experimentelles Studiendesign realisiert wurde. In der Selbstlernphase arbeiteten die Schüler:innen je nach Gruppenzuteilung mit der ihnen zugeteilten Erklärvideo-Variante „A“ oder „S“, während der darauffolgende Präsenzunterricht gemeinsam mit der Physiklehrkraft im Klassenverbund stattfand. Einen zentralen Baustein des Projekts stellte die moodle-basierte „L-DUR Plattform“ dar: eine im Gesamtprojekt entwickelte Lernplattform, mithilfe derer den Teilnehmenden die Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt wurden und auch die Datenerhebung erfolgte. In der Selbstlernphase meldeten sich die Schüler:innen auf der Plattform an und eigneten sich, angeleitet durch ein Aufgabenheft, die zu erlernenden Inhalte mithilfe der Erklärvideos und dazu passenden interaktiven Anschlussaufgaben an. Vor Interventionsstart erfolgte im Rahmen von Einführungsstunden die Erhebung des Vorwissens und eine Vermittlung von Strategien zur Arbeit mit Erklärvideos. Zudem wurde den Schüler:innen die Möglichkeit gegeben, anhand eines fachfremden Inhalts zum Thema Origami (Werner et al., 2018, S. 68), die Arbeit mit den Materialien in der Selbstlernphase zu erproben. In der Selbstlernphase wurden Daten zum Lernerleben erhoben, während der Lernzuwachs mithilfe des Post-Wissenstests zu Beginn jeder Präsenzlernphase gemessen wurde. Zusätzlich erfolgte mithilfe der technischen Infrastruktur der L-DUR Plattform die Aufzeichnung des Nutzungs- und Interaktionsverhaltens der Schüler:innen bei der Arbeit mit den Erklärvideos in Form von Logdaten.

---

[1] FALKE-digital (Fachspezifische Lehrkraftkompetenzen im Erklären – digital) bezeichnet als Maßnahme des Gesamtprojekts L-DUR ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der Universität Regensburg. L-DUR wird im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2010 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Ergebnisse

Die Stichprobe umfasst N=779 Schüler:innen, wobei nicht alle zu jedem Erhebungszeitpunkt teilgenommen haben, weshalb die Auswertung in Teilstichproben erfolgte. Die Mehrheit (63,2%) der teilnehmenden Schüler:innen (N=761) ist Erklärvideos gegenüber positiv eingestellt. Etwa ein Viertel (26,3%) nutzte bereits mindestens einmal in der Woche oder häufiger Erklärvideos für Hausaufgaben bzw. die Schule allgemein. Bezogen auf den Physikunterricht betrug dieser Anteil 13,6%. Die Videos in der Intervention wurden im Mittel von 82,3% der Schüler:innen gesehen, wobei der Anteil im Laufe der Unterrichtssequenz abnahm. Von den Schüler:innen, welche die Erklärvideos in der Selbstlernphase nutzten, sahen im Durchschnitt 86,9% die Videos vollständig an. Im Mittel betrachtete etwa ein Drittel (31,6%) die Videos doppelt. Bei den vorgegebenen Prompts stoppten durchschnittlich knapp die Hälfte (46,5%) aller Schüler:innen. Im Prä-Post-Vergleich erfolgte ein signifikanter Lernzuwachs (t =12.15, df=27, p=9.37e-13, d=2.30), wobei sich hinsichtlich der Video-Varianten A und S keine Unterschiede zeigten (t=0.34, df=20.10, p=0,74). Dies war vorwissensunabhängig sowohl bei Analysen der Gesamtstichprobe über alle Unterrichtseinheiten der Intervention hinweg (N_A=31, N_S=28), sowie bei den einzelnen Teilgruppenanalysen mit größeren Stichproben (N jeweils ca. 100) zu beobachten. Weitere Auswertungen in Hinblick auf das Antwortverhalten zeigen ein ähnliches Bild. Zur Erläuterung dieser und weiterer Ergebnisse wird an dieser Stelle auf die aus dem Projekt hervorgehende Dissertation (voraussichtliche Veröffentlichung 2024) verwiesen.

Interpretation und Ausblick

Das Medium Erklärvideo wird, obwohl von Schüler:innen mehrheitlich befürwortet, insbesondere im Physikunterricht bisher selten genutzt. Für einen gewinnbringenden Einsatz im Flipped Classroom müssen die Videos jedoch auch zuverlässig und aktiv rezipiert werden, was in der vorliegenden Studie nur bedingt der Fall war. Die niedrige Interaktionsquote bei den Prompts scheint die befürchtete oberflächliche Rezeption von Videos (Werner et al., 2018, S. 70) zu bestätigen, obwohl die Schüler:innen durch entsprechende Aufgabenstellungen angeleitet wurden. Weiterhin wurde das letzte Video der Intervention nur von etwa der Hälfte aller teilnehmenden Schüler:innen (53,8%) vollständig angesehen. Diese abnehmende Bereitschaft der Schüler:innen zur häuslichen Vorbereitung zeigte sich auch in anderen Untersuchungen in dieser Altersklasse (Lutz, Haase, Burde, Wilhelm, Trefzger, 2021). Möglicherweise sind die erforderlichen Kompetenzen zur Selbstorganisation (Kulgemeyer, 2023) in den niedrigeren niedrigen Jahrgangsstufen nicht ausreichend ausgeprägt. Dass trotz entsprechender vorheriger Instruktion nur einige Schüler:innen die Videos doppelt angesehen haben, lässt sich unter anderem damit plausibilieren, dass diese Strategie zu einem höheren Zeitaufwand bei der Bearbeitung führt, den nicht alle Schüler:innen aufbringen konnten oder wollten. Dem aktuellen Stand der Analysen nach scheint es für die Lernförderlichkeit eines Erklärvideos keine Rolle zu spielen, ob darin Anwendungsbeispiele oder Schülervorstellungen thematisiert werden. Ob sich dieser Befund auch in der Wahrnehmung der Schüler:innen beobachten lässt, wird die Auswertung der Lernerleben-Daten zeigen. Sollte sich die Thematisierung von Schülervorstellungen als ungünstig erweisen, ist es denkbar, die Reflexion über falsche Prä-Konzepte aus einem Erklärvideo auszulagern, wie es auch Fey (2021, S. 27) empfiehlt. Möglich wären eine Beschäftigung mit Fehlvorstellungen im Rahmen der Anschlussaufgaben an ein Erklärvideo oder in der Präsenzlernphase beispielsweise in Form eines kooperativen Rollenspiels (Breunig & Rincke, 2023).

Literatur

Breunig, P., & Rincke, K. (2022). Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung (48.: 2021 : Online) (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e. V. virtuelle Jahrestagung 2021 (S. 580–583).

Breunig, P., & Rincke, K. (2023). Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e. V. Jahrestagung 2022 in Aachen. (Bd. 43, S. 77–95).

Fey, C.-C. (2021). Erklärvideos—Eine Einführung zu Forschungsstand, Verbreitung, Herausforderungen. In Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft? Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven (S. 15–30). Verlag Julius Klinkhardt.

Finkenberg, F. (2018). Flipped Classroom im Physikunterricht [Universität Würzburg]. https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/16414

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education, 50(6), 2441–2462. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7

Kulgemeyer, C. (2023). Chancen und Risiken im Flipped Classroom. Pädagogik 7-8, 13–17.

Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2022). Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding: An Experimental Study. International Journal of Science and Mathematics Education, 21(2), 417–437. https://doi.org/10.1007/s10763-022-10265-7

Kultusministerkonferenz. (2017). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html

Lutz, W., Haase, S., Burde, J.-P., Wilhelm, T., & Trefzger, T. (2021). Erste empirische Ergebnisse zum Einsatz digitaler Materialien im Flipped Classroom zur E-Lehre und Optik. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung (48.: 2021 : Online) (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e. V. virtuelle Jahrestagung 2021 (S. 260–263).

Matthes, E., Siegel, S. T., & Heiland, T. (Hrsg.). (2021). Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft? Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven. Verlag Julius Klinkhardt.

Merkt, M., & Schwan, S. (2016). Lernen mit digitalen Videos: Der Einfluss einfacher interaktiver Kontrollmöglichkeiten. Psychologische Rundschau, 67(2), 94–101. https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000301

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2021). JIM-Studie 2021. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2021/JIM-Studie_2021_barrierefrei.pdf

Muller, D. A., Bewes, J., Sharma, M. D., & Reimann, P. (2007). Saying the wrong thing: Improving learning with multimedia by including misconceptions: Misconception-based multimedia instruction. Journal of Computer Assisted Learning, 24(2), 144–155. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00248.x

Rat für kulturelle Bildung. (2019). Jugend/Youtube/Kulturelle Bildung 2019. https://www.rat-kulturelle-bildung.de/publikationen/studien

Schmidt-Borcherding, F. (2020). Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In K. D. Wolf & S. Dorgerloh (Hrsg.), Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos (S. 63–70). Beltz.

Sterzing, F. (2022). Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik: Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/5576

Weiß, L.-F. (2021). Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. Logos Verlag.

Werner, J., Ebel, C., Spannagel, C., & Bayer, S. (Hrsg.). (2018). Flipped Classroom – Zeit für deinen Unterricht: Praxisbeispiele, Erfahrungen und Handlungsempfehlungen. Verlag Bertelsmann Stiftung.

Benjamin Stöger[1] [1]Technische Universität München
Claudia Nerdel[1]

Entwicklung eines linear skalierten Messinstruments für mathematisches Modellieren in der Chemie

Modellieren in den Naturwissenschaften

Viele Modelle in den Naturwissenschaften beruhen ausgehend von den Beobachtungen realer Phänomene und deren Operationalisierung mithilfe mathematischer Hilfsmittel, Konzepte und Gesetzmäßigkeiten. Aus diesem Grund ist mathematisches Modellieren zentral für das Verständnis, die Entwicklung und Validierung einer Mehrheit von Modellen in den Naturwissenschaften. Die Fähigkeit Modelle im Sinne der Erkenntnisgewinnung zu bewerten, zu verändern und anzuwenden, wird als Modellierungskompetenz verstanden (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Mit Hilfe von Modellierungszyklen kann der Modellierungsprozess theoriegeleitet in einzelne Schritte unterteilt werden.

Blum & Leiß (2005) entwickelten ein Kreislaufmodell für mathematisches Modellieren. Sie unterscheiden zwischen zwei Hauptdimensionen, dem *Rest der Welt* (der *reale* Probleme, deren Strukturierung, mathematische Beschreibung sowie die Interpretation und Bewertung mathematischer Ergebnisse umfasst) und der *Mathematik*. Die Übersetzung zwischen diesen Dimensionen wird als mathematische Modellierung verstanden; dies wurde theoretisch und testtheoretisch betrachtet und ein siebenstufiger Modellierungszyklus entwickelt. Ausgehend von einer *realen Situation/Problem* sind diese Schritte das *Verstehen der Realsituation durch Bildung eines Situationsmodells* (1), die *Vereinfachung und Strukturierung des Situationsmodells* mit Fokus auf das Problem (2), gefolgt von der *Mathematisierung* (3), die den Übergang zur Dimension *Mathemati*k darstellt. Dort werden im vierten Schritt mit mathematischen Methoden *Ergebnisse* generiert (4). Diese wiederum werden zurück in den Kontext und damit in die Dimension *Rest der Welt* mit Fokus auf das Problem übersetzt (5). Nun werden diese Ergebnisse in Bezug auf den Kontext *validiert* (6) und es wird eine Antwort auf das konkrete Problem gegeben (7).

Ausgehend hiervon wurden weitere fachspezifische Modellierungszyklen abgeleitet. Goldhausen & Di Fuccia (2014) haben einen mathematischen Modellierungszyklus für das Fach Chemie erstellt. Dazu wurde eine zusätzliche Dimension *Chemie* hinzugefügt, die zwischen *Rest der Welt* und *Mathematik* angesiedelt ist. Dies sei an einer realen chemischen Situation illustriert: ein chemisches Experiment muss zunächst in fachspezifische Modelle übertragen werden, um eine Situation beschreiben und interpretieren zu können. Entsprechend wurden die Schritte des mathematischen Modellierungszyklus an die spezifischen Anforderungen chemischer Kontextualisierungen angepasst.

Im ersten Schritt wird ein Problem/Experiment auf makroskopischer Ebene identifiziert und ein *Situationsmodell* erstellt (1). Dieses wird in ein *chemisches Modell* (submikroskopische oder symbolische Ebene) übersetzt (Johnstone, 1991) (2). Das chemische Modell wird *mathematisiert* (3), wofür nach Kimpel (2018) tieferes Verständnis des Modells notwendig ist. Mit dem entwickelten mathematischen Modell können mit Hilfe von mathematischen Werkzeugen ähnlich wie bei Blum & Leiß (2005) (4), *mathematische Ergebnisse* generiert werden. Diese können dann in das chemische Modell zurückübersetzt (5) und auf ihre fachliche Validität überprüft werden (6), um schließlich auf das Experiment/Problem angewendet zu werden (7).

Modellierungszyklen bieten als Diagnosemodelle die Möglichkeit, einen Einblick in die komplexen kognitiven Prozesse der Lernenden während des Modellierens zu gewinnen. In der Mathematikdidaktik wurden Modellierungszyklen verwendet, um Testinstrumente zur Messung der mathematischen Modellierungsfähigkeit zu entwickeln (Haines, Crouch & Davis., 2001; Brand, 2014; Hankeln, Adamek & Greefrath, 2019). In allen Fällen wurden die Schritte eines Modellierungszyklus in empirisch begründete Kategorien unterteilt. Für diese Kategorien wurden Items konstruiert.
Da diese Art der Testentwicklung bisher nur für das mathematische Modellieren im Allgemeinen durchgeführt wurde, wurde in dieser Studie ein Instrument für mathematisches Modellieren in der Chemie entwickelt und mithilfe der vorgestellten Studie validiert.

Methodik & Design

In Anlehnung an den Modellierungszyklus von Goldhausen & Di Fuccia (2014) und den methodischen Ansatz von Brand (2014) wurde ein Testinstrument zur mathematischen Modellierung entwickelt. Zu diesem Zweck ist der Zyklus in sechs Abschnitte (A1 – A6) unterteilt (Stöger & Nerdel, 2023). Vier Abschnitte (A1, A2, A4, A5) beschreiben jeweils den Wechsel zwischen den im Modell beschriebenen Dimensionen (Rest der Welt, Chemie und Mathematik). Für diese Kategorien wurden jeweils 12 Items aus verschiedenen chemischen Fachgebieten sowie unterschiedlichen Kontexten aus Natur und Technik konstruiert. Zusätzlich wurde die Kategorie A6 „Gesamtmodellieren“ hinzugefügt. In dieser Kategorie wurden die Lernenden gefragt, wie sie die Lösung einer Modellierungsaufgabe aus der Meta-Perspektive angehen würden. Aufgrund der Bearbeitungsdauer der umfangreichen Items Kategorie A6 wurden hierfür nur sechs Items entwickelt. Kategorie A3 stellt die Beantwortung mathematischer Aufgaben aus der Schulmathematik mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad dar. Hierfür wurden zwölf mathematische Fachinhalte mit jeweils drei Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades entwickelt Entsprechend hat A3 als einzige Kategorie insgesamt 36 Items.
Jede dieser Kategorien konzentriert sich auf einen bestimmten Aspekt der mathematischen Modellierungsfähigkeit. So umfasst die Kategorie A1 Fragen, die sich auf das Verstehen und Konstruieren eines Problems sowie auf das Strukturieren und Vereinfachen von Problemen konzentrieren. Darüber hinaus umfasst diese Kategorie Aufgaben, bei denen relevante Aspekte eines Problems identifiziert oder geeignete chemische Modelle ausgewählt werden müssen. Kategorie A2 fokussiert die Mathematisierung des gewählten Modells. Das bedeutet, geeignete mathematische Formeln auszuwählen, mathematische Zusammenhänge zu beschreiben oder mathematische Formeln zu entwickeln. In der dritten Kategorie (A3) wird mathematisches Arbeiten geprüft; mathematische Konzepte, Arbeitsmethoden und Lösungen werden angewendet. In Kategorie A4 müssen mathematische Ergebnisse technisch eingeordnet werden; hierzu gehört Einheiten eines mathematischen Ergebnisses bestimmen, mathematische Ergebnisse und Variablen zuordnen oder mathematische Ergebnisse in den fachlichen Kontext einordnen. Die letzte Kategorie (A5) beschreibt die Interpretation des Ergebnisses unter Berücksichtigung der Ausgangssituation: ein Ergebnis wird auf seine Sinnhaftigkeit überprüft bzw. es wird geprüft, ob das Ergebnis zum verwendeten Modell passt.
Alle Items haben geschlossenes Antwortformat mit fünf Antwortmöglichkeiten, eine richtige, zwei "plausible", die auf Fehlvorstellungen beruhen, und zwei falsche Antworten. Alle Aufgaben (N_{ges}=90) wurden auf zwölf Testhefte verteilt (23 Items pro Testheft), die jeweils drei Items der Kategorien A1, A2, A4 und A5; neun Items der Kategorie A3 und zwei Items der Kategorie A6 enthielten. Um eine lineare Skala zu erhalten, wurden die kodierten

Datensätze (0=falsche Antwort; 1=plausible Antwort; 2=korrekte Antwort) mittels Rasch-Analysen ausgewertet (Boone, Staver & Yale, 2014). Für die Analyse wurde das Programm Winsteps (Version 5.3.4.0) verwendet.
An der Studie zur Validierung des Testinstruments nahmen 390 Studierende der Technischen Universität München und weiterer deutscher Universitäten Teil teil. Zu diesem Zweck wurden Studierende der MINT-Fächer Chemie, Mathematik, Physik, Biologie und Maschinenbau befragt. Insgesamt wurden N=309 Datensätze analysiert. Anhand von zwölf vorab festgelegten Kriterien wurde die Qualität des Instruments untersucht.

Ergebnisse & Schlussfolgerungen:
Auszugsweise werden hier die relevantesten Kriterien zur Analyse des Instruments beschrieben. Zunächst wurde überprüft, wie gut die Items zum Raschmodell passen. Hierfür wird der MNSQ-Outfit herangezogen. Dieser erlaubt einerseits eine Aussage über die Unidimensionalität der Kategorien und des Instruments zu treffen und andererseits die Qualität der einzelnen Items abzuschätzen. Nur bei acht der 90 Items wurde ein MNSQ Outfit außerhalb des akzeptablen Bereichs (Boone, Staver & Yale, 2014) bestimmt. Diese acht Items wurden für weitere Analysen verworfen.
Zusätzlich wurde die Reliabilität der einzelnen Kategorien als auch des Gesamtinstruments bestimmt. Dafür gilt ein Reliabilitätskoeffizient größer als .80 als erstrebenswert. Für unsere Kategorien ergaben sich folgende Reliabilitätswerte: Gesamtskala (A1-A6): 0,90; A1: 0,93; A2: 0,93; A3: 0,89; A4: 0,84; A5: 0,90; A6: 0,64). Entsprechend zeigt sich, dass alle Kategorien mit Ausnahme von A6 eine ausreichend gute Reliabilität aufweisen. Entsprechend sind die Kategorien A1 bis A5 präzise genug, um weiterverwendet werden zu können. Kategorie A6 hat eine zu niedrige Reliabilität und erfüllt somit dieses zwingende Qualitätskriterium nicht.
Als weiteres Qualitätsmerkmal wurden die Wright-Maps der einzelnen Kategorien betrachtet. Hierbei wird darauf geachtet, wie gleichmäßig die Items einer Kategorie über die gesamte Skala verteilt sind. Je gleichmäßiger die Items verteilt sind, desto besser sind sie in ihrer Gesamtheit als Messinstrument geeignet. Für die Prüfung dieser Verteilung ist der Separationsindex ein quantitatives Maß. Dieses Signal-Rausch-Verhältnis gibt an, wie gut die Schätzung der Itemschwierigkeit ist und damit auch wie gut sich die Items in ihrer Schwierigkeit voneinander unterscheiden lassen. Hier zeigt sich wie bei der Reliabilität ein analoges Bild. Der Separationswert für Kategorie A6 ist im Gegensatz zu den restlichen Kategorien zu gering (Sep.=1,34) (Linacre & Wright, 2000).
Darüber hinaus wurden die mittels Rasch-Analyse berechneten Persönlichkeitsfähigkeiten der Studierenden für eine Korrelationsanalyse herangezogen. Die Kategorie A3 korreliert z.B. mit den Kategorien A1, A2, A4, A5 und A6 [A1 ($r=.191^{**}$, $p=.006$, $n=179$); A2 ($r=.306^{**}$, $p<.001$, $n=202$); A4 ($r=.295^{**}$, $p<.001$, $n=179$); A5 ($r=.294^{**}$, $p<.001$, $n=177$), A6($r=.048$, $p=.517$, $n=181$)]. A1 bis A5 korrelieren paarweise miteinander, jedoch besteht kein Zusammenhang mit der Kategorie A6. Da letztere sich konzeptuell von den übrigen Kategorien unterscheidet, ist dies ein aus theoretischer Sicht erwartbares Ergebnis (A1-A5: Teilschritte im Kreislauf; A6: Metaperspektive auf den Kreislauf).
Jedoch ergab die Untersuchung Kriterien zusätzliche Schwierigkeiten bezüglich der Qualität von Kategorie A6. Dies stützt sich vor allem auf mangelnde Reliabilität sowie Validität dieser Kategorie. Entsprechend musste für das finale Instrument Kategorie A6 verworfen werden., so dass sich die Qualität des Gesamtinstruments verbessert hat.

Literatur:

Blum, W., & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken "-Aufgabe. *Mathematik lehren* (128), p. 18-21, Karlsruhe.

Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2013). *Rasch analysis in the human sciences*. Springer Science & Business Media.

Brand, S. (2014). *Erwerb von Modellierungskompetenzen: Empirischer Vergleich eines holistischen und eines atomistischen Ansatzes zur Förderung von Modellierungskompetenzen*. Springer-Verlag.

Goldhausen, I., Di Fuccia, D.-S., (2014) *Mathematical Models in Chemistry Lessons*, Proceedings of the International Science Education Conference (ISEC) 2014, 25-27 November 2014, National Institute of Education, Singapore

Goldhausen, I. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Dissertation. Universität Kassel.

Haines, C., Crouch, R., & Davis, J. (2001). Understanding students' modelling skills. In *Modelling and mathematics education* (pp. 366-380). Woodhead Publishing.

Hankeln, C., Adamek, C., & Greefrath, G. (2019). Assessing sub-competencies of mathematical modelling—Development of a new test instrument. In *Lines of inquiry in mathematical modelling research in education* (pp. 143-160). Springer, Cham.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2):75-83.

Kimpel, L. (2018). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie: zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit* (Vol. 249). Logos Verlag Berlin GmbH.

Linacre, J. M., & Wright, B. D. (2000). Winsteps. *URL: http://www. winsteps. com/index. htm [accessed 2013-06-27]*

Stöger, B., Nerdel, C. (2023). Mathematisches Modellieren in der Chemie – empirische Validierung eines Modellierungskreislaufes mithilfe eines Kompetenztests. In van Vorst, H. (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022 (S. 576-579), Aachen.

Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. (2010). *Modellkompetenz im Biologieunterricht.* Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 16(1):41-57

Kevin Kärcher[1]
Hans-Dieter Körner[1]

[1]Pädagogische Hochschule
Schwäbisch Gmünd

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge in der Chemie

Mathematisierungen dienen in den Naturwissenschaften zur Beschreibung von Zusammenhängen und Regeln (Strubecker, 1969). Damit nehmen sie auch im Chemieunterricht und -Studium eine signifikante Rolle ein. Der Umgang mit Summen- und Verhältnisformeln, Stöchiometrie und das mathematische Modellieren von Sachverhalten scheint hierbei besonders prominent. Aber auch die Arbeit mit den „klassischen" mathematischen Darstellungsformen wie Formeln (bzw. allgemein algebraischen Ausdrücken), Graphen und Tabellen sind zentral für das Lernen von chemischen Zusammenhängen. Im vorgestellten Projekt werden die Schwierigkeiten von Lernenden beim Umgang mit diesen mathematischen Darstellungsformen in der Chemie untersucht.

Schwierigkeiten mit Mathematisierungen in der Chemie

Bisherige Forschung konnte zeigen, dass bei Lernenden in der Chemie verschiedenartige Probleme bei der Arbeit mit mathematischen Inhalten auftreten, z.B. beim Umgang mit Formeln und Einheiten. Es zeigt sich, dass Lernende weniger algebraische Fehler bei Umformungen und Rechenschritten machen, aber Einheiten falsch anwenden, interpretieren oder validieren (Goldhausen & Di Fuccia, 2021; Kimpel, 2018; Komor et al., 2023; Park & Choi, 2013; Potgieter et al., 2008). Geyer (2020) hat im Bereich der Physikdidaktik bereits die Schwierigkeiten von Lernenden bei Aufgaben erhoben, in denen die mathematische Darstellungsform gewechselt werden müssen. Für die Chemie steht eine qualitative Untersuchung dieser Problematik inklusive Quantifizierung der aufgetretenen Schwierigkeiten noch aus. In diesem Beitrag wird auf die qualitative Teilstudie fokussiert, bei der folgende Forschungsfragen im Vordergrund stehen:

FF1: Treten beobachtbare Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von chemischen Aufgaben mit mathematischen Darstellungswechseln auf?
FF2: Lassen sich Bearbeitungsstrategien identifizieren?
FF3: Zeigen sich Beeinflussungen des Vorgehens der Lernenden bei der Bewältigung der Aufgaben durch fachlich determiniertes Denken?

Untersuchungsdesign

Zur Beantwortung wurden drei Aufgaben entwickelt. In einer dieser Aufgaben war es notwendig, die mathematische Darstellungsform zu wechseln. Zum Beispiel mussten die Proband:innen Konzentrationswerte bei unterschiedlichem Volumina berechnen (Arbeit innerhalb einer Darstellungsform) und die Ergebnisse dann in einem Diagramm darstellen (Wechsel in einen Funktionsgraphen). Um Rückgriff auf die Denkstrukturen und Bearbeitungsstrategien der Lernenden zu erhalten (Sandmann, 2014), wurden die Aufgaben in einem Think-Aloud-Setting in Einzelarbeit von N=12 Schüler:innen aus der Kursstufe unterschiedlicher Schularten bearbeitet, was durch nachgeschaltete Rückfragen eines Interviewers ergänzt wurde. Die entstandenen Transkripte wurden mittels inhaltlich-strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) ausgewertet.

Ergebnisse

Entlang der Forschungsfragen sollen beispielhaft ausgewählte Ergebnisse in Verbindung mit Ausschnitten des entwickelten Kategoriensystems präsentiert werden. Das Kategoriensystem wurde in Grundzügen zunächst deduktiv erstellt (bspw. auf Basis des Systems von Geyer (2020)) und dann induktiv ergänzt. Die Hauptkategorien differenzieren zwischen darstellungsspezifischen und darstellungsübergreifenden Schwierigkeiten sowie Bearbeitungsstrategien und subjektiven Einschätzungen der Proband:innen.

Beobachtbare Schwierigkeiten (FF1)

In der ersten Teilaufgabe soll zunächst die Konzentration einer Lösung bei vorgegebener Stoffmenge und Volumen berechnet werden. In der darauffolgenden Aufgabe soll dann die Veränderung der Konzentration bei Veränderung des Volumens bildlich dargestellt werden. Proband:in 1 erstellt zunächst unter der Annahme, „wenn das Volumen geringer wird, wird die Konzentration (5s) auch geringer“ (Interview 1, Pos.6) eine Darstellung, in welcher das Lösungsvolumen und die Konzentration als absolute, voneinander getrennte Größen in einem Becherglas dargestellt werden (in Abb. 1 zu erkennen an der gelben (Volumen) und orangenen (Konzentration) Markierung). Nach der Berechnung der Konzentrationswerte bei Verwendung verschiedener Volumina revidiert diese Person die zuerst getroffenen Aussage und korrigiert die Abbildung mit Hilfe der pinken Farbe. Dabei fällt auf, dass Proband:in 1 die Konzentration wieder als absolute und diskontinuierliche Größe darstellt, und dies über dem skizzierten Volumen. Anhand dieses beispielhaften Auszugs soll verdeutlicht werden, dass viele Proband:innen die Schwierigkeit hatten, auf eine adäquate Vorstellung über Konzentration zurückzugreifen und in einem nächsten Schritt diese bildlich darzustellen. Dazu konsistent ist die Äußerung vieler Proband:innen, dass sie die Überführung des Zusammenhangs in die bildliche Darstellung subjektiv mit am schwierigsten empfunden haben. Kategorisiert wurden diese Ausschnitte mit der ‚inadäquaten Vorstellung über Konzentration‘ sowie dem ‚Rückgriff auf alternative Konzepte‘ bei der Erstellung von bildlichen Darstellungen.

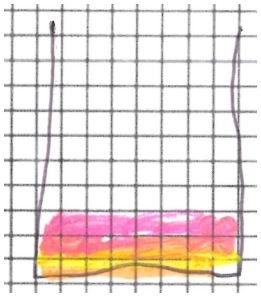


Abb. 1: : Bsp. einer bildlichen Darstellung

Bearbeitungsstrategien (FF2)

Beispielhaft wird hier die Bearbeitungsstrategie einer Person analysiert, die Folgendes formuliert, um den Zusammenhang zwischen Volumen und Konzentration nach der Berechnung mehrerer konkreter Werte zu beschreiben: „Die Konzentration kann sich bei gleich viel Volumen erhöhen oder vermindern. Je nachdem wie viel fester Stoff in wie viel Wasser reingetan wird […]“ (Proband:in 9, schriftlich). Zunächst fällt auf, dass entgegen der Aufgabenformulierung mit einem konstanten Volumen argumentiert wird. Auf Nachfrage begründet Proband:in 9 die verbale Aussage so: „Für mich macht das halt Sinn, dass ähm Wasser Sachen verdünnt. […] ich hab' das so ein bisschen mit, keine Ahnung, Sirup verglichen. Umso mehr Sirup man im Glas hat, umso ähm (3s) Hä. Umso dunkler wird ja die Farbe quasi.“ (Interview 9, Pos. 78). Hier greift Proband:in 9 zur Bearbeitung der Aufgabe offensichtlich auf alltägliche Vorerfahrungen zurück und stellt nicht den Bezug zu den vorherigen Teilaufgaben bzw. den darin produzierten/enthaltenen mathematischen Darstellungsformen her, die von dem Aufgabenstellenden erwartet wird. Damit fällt die

Aussage in die Kategorie ‚Erstellung der verbalen Aussage mittels Vorerfahrung oder Alltagsvorstellung'.

Beeinflussung durch fachlich determiniertes Denken (FF3)

Exemplarisch für ein fachlich determiniertes Denken (Kategorie Mathematik determiniert Chemie) steht Proband:in 7. Zu Beginn der chemischen Rechenaufgabe formuliert die Person eine korrekte Annahme, nämlich dass die Konzentration bei steigendem Volumen sinkt. Im weiteren Verlauf der Aufgabe verrechnet sich Proband:in 7 jedoch (Bsp. in Abb. 2). Ausgelöst durch einen danach ermittelten richtigen Rechenwert (2 mol : 1 L = 2 mol/L) und den aufkommenden Konflikt zum abgebildeten Rechenfehler (zweimal dasselbe Ergebnis) überführt Proband:in 7 dann zunächst das Volumen von Litern in Milliliter, rechnet dann aber weiterhin den Bruch verkehrtherum.

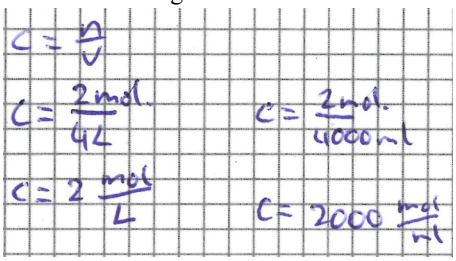


Abb. 2: Rechnung Proband:in 7. Rechts "korrigierte" Form, nach Folgeaufgabe.

Basierend auf dem Vertrauen in die falschen Rechenwerten revidiert Proband:in 7 dann die anfängliche (richtige) Annahme über den antiproportionalen Zusammenhang von Volumen und Konzentration hin zu einem proportionalen. Eine latente Begründung hierfür findet sich in kurzen Äußerungen wie zum Beispiel „Jetzt hab' ich natürlich keine Ahnung, was das für eine Einheit ist." (Interview 7, Pos. 53). Proband:in 7 verlässt sich aufgrund der großen Unsicherheit gegenüber der chemischen Einheit auf die vermeintlich vorhandene Sicherheit in der Mathematik. Dass die Rechenwerte falsch sind, fällt ihr hier jedoch nicht auf. Sie werden als sicherer Anhaltspunkt genutzt, um die verbale Aussage über den mathematischen Zusammenhang der Größen neu zu formulieren. Insofern kann hier von einem Denken gesprochen werden, welches stark durch die Mathematik und ihre vermeintliche Sicherheit beeinflusst wird.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ausgewählten Ergebnisse dieses Beitrags können nur als punktuelle Einblicke in die Datenlage gesehen werden. Neben der thematisierten Unsicherheit mit Einheiten kann festgehalten werden, dass kein:e einzige:r der Studienteilnehmer:innen auf sichere naturwissenschaftliche Konzepte zurückgegriffen hat. Selten nutzten sie Alltagsvorstellungen viel häufiger aber die produzierten mathematischen Darstellungsformen als Anhaltspunkte. Ein fehlender reflektierter Umgang mit diesen führt letztendlich zur dominierenden Kalkülvorstellung über die mathematischen Darstellungsformen. Diese werden also eher isoliert von ihrer chemischen Bedeutung betrachtet. Begleitet wird die Kalkülvorstellung allerdings von Rechenfehlern, die möglicherweise aufgrund der Unsicherheiten mit den verwendeten chemischen Konzepten und Einheiten nicht identifiziert werden.

Weitere Schwierigkeiten, wie beispielsweise die Produktion eines Koordinatensystems mit Funktionsgraph, wurden hier nicht thematisiert. Auch hierbei treten Unsicherheiten beim Umgang mit den entsprechenden Größen und ihren Einheiten auf.

Um endgültige Ergebnisse darstellen zu können, wird das entwickelte Kategoriensystem im Intercodierprozess finalisiert. Darüber hinaus zeigte die inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse, dass sich bestimmte Schwierigkeiten und Vorgehensweisen ähneln. Deshalb soll eine typenbildende Inhaltsanalyse angeschlossen werden.

Literaturverzeichnis

Geyer, M.-A. (2020). *Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 291*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832587277

Goldhausen, I. & Di Fuccia, D.-S. (2021). Mathematical Modelling in Chemistry Lessons. *CHEMKON*, *28*(7), 282–293. https://doi.org/10.1002/ckon.201900075

Kimpel, L. (2018). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie: Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 249*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832590833

Komor, I., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2023). Students‘ difficulties arising from mathematical modelling in Physical Chemistry. *CHEMKON*, *30*(5), 176–185. https://doi.org/10.1002/ckon.202100046

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779955337

Park, E.-J. & Choi, K. (2013). ANALYSIS OF STUDENT UNDERSTANDING OF SCIENCE CONCEPTS INCLUDING MATHEMATICAL REPRESENTATIONS: pH VALUES AND THE RELATIVE DIFFERENCES OF pH VALUES. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *11*(3), 683–706. https://doi.org/10.1007/s10763-012-9359-7

Potgieter, M., Harding, A. & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(2), 197–218. https://doi.org/10.1002/tea.20208

Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_15

Strubecker, K. (1969). *Die Mathematisierung der Wissenschaften.*

Christiane Richter[1]
Kai Bliesmer[1]
Michael Komorek[1]

[1]Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Lesson Study plus – Weiterentwicklungsbedarfe einer Beobachtungsmethode

Ein wichtiges Professionalisierungsziel für Lehramtsstudierende besteht darin, Lernprozesse durch die Augen von Schülerinnen und Schüler zu sehen – ganz im Sinne des Zitats von Hattie (2009, S. 252): „If the teacher's lens can be changed to seeing learning through the eyes of students, this would be an excellent beginning". Um dies zu erreichen, wurde in einem physikdidaktischen Wahlpflichtmodul im Master of Education die Methode der Lesson Study (Mewald, 2019) integriert. Die Methode ist eine konkrete Umsetzung forschenden Lernens in der Lehrkräftebildung (Fichten, 2015), denn hierbei beobachten Lehramtsstudierende einzelne Schüler:innen während des Unterrichtsgeschehens, fertigen Notizen an und führen nach dem Unterricht Kurzinterviews, um im anschließenden kollegialen Gespräch mögliche abgelaufene Lernprozesse der Schüler:innen zu rekonstruieren. Beim Einsatz der Lesson Study und ihrer Kombination mit weiteren Konzepten/Methoden in einem physikdidaktischen Modul sind Potenziale, aber auch Weiterentwicklungsbedarfe deutlich geworden, die im Beitrag präsentiert und zur Diskussion gestellt werden.

Die Methode Lesson Study für die Physik-Lehrkräfteprofessionalisierung

Lesson Study blickt bereits auf eine 150-jährige Tradition zurück. Begründet in Japan (Baba, 2007), hat sie in den letzten Jahrzehnten auch Einzug in die hiesige Unterrichtsforschung gehalten. Es ist eine kollaborative Form der Unterrichtsforschung, da ein Experte mit einer Gruppe von Lehrenden eine Lehr-Lern-Gemeinschaft bildet. Unterricht wird gemeinsam geplant und eine Forschungsfrage formuliert. Das (gemeinsame) Verständnis zu einer konkreten Lerntheorie ist Grundlage jeder Lesson Study. Fokus liegt auf der Beobachtung der Lernhandlungen der Schüler:innen, um die Forschungsfrage zu beantworten.
Auf Grundlage der Lesson Study nach Mewald (2019), wird die Methode in ein physikdidaktisches Wahlpflichtmodul am Ende des Masterstudiums integriert, in dem nach den Schulpraktika und vor dem Referendariat ein letztes Mal Unterricht geplant, durchgeführt und reflektiert wird; mit der Besonderheit, dass neben der **Sch**ule auch der Besuch von Schüler:innen an einem **a**ußerschulischen Lernorts und eines Lehr-Lern-Labors an der **U**niversität vorgesehen ist (Format SchAU^{plus}). Das Modulkonzept wurde im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung OLE^{+} entwickelt.

Umsetzung im Modul

Das Modul beginnt mit der Vorstellung der Methode, der Besprechung der grundlegenden theoretischen Lerntheorien und der Festlegung eines Forschungsschwerpunkts (*Study*). Die Planungsphase (*Plan*) beinhaltet die gemeinsame Planung des Unterrichts unter Einbeziehung eines Besuchs eines außerschulischen Lernorts und eines Lehr-Lern-Labors. Eine angehende Lehrkraft führt anschließend den Unterricht durch, die anderen beteiligten Studierenden beobachten sog. „Case Pupil" – das sind Schüler:innen unterschiedlicher Leistungsniveaus, die im Vorfeld bestimmt wurden. Die Beobachtungen der Lernhandlungen der Schüler:innen werden narrativ offen auf kleine Kärtchen geschrieben. Sie bilden neben den Kurzinterviews mit den beobachteten Schüler:innen die wichtigste Datenquelle der Lesson Study. Die

beobachteten Lernhandlungen werden auf einer Zeitleiste notiert, sodass sich eine ‚Lernaktivitätskurve' ergibt. Daraus werden Rückschlüsse auf Motivation, Vorstellungen, Verständnis etc. des Schülers bzw. der Schülerin gezogen. Hierbei müssen die Studierenden erkennen, dass Beobachtungen zu idiosynkratischen, also sehr persönlichen Eindrücken führen: Beobachtende nutzen individuelles Wissen bei der Dokumentation (Observe). Um Eindrücke neutraler bewerten zu können, muss dies bewusst sein. Aus diesem Grund werden alle Beobachtungsdaten in der Reflect and Revision-Phase zusammengenommen und zur Interpretation etwaiger Lernprobleme aufseiten der Schülerinnen und Schüler herangezogen (Mewald, 2019), hinzu kommen noch die Informationen aus den nachgängigen Interviews und die Eindrücke der Fachlehrkraft. Die Erkenntnisse werden schließlich genutzt, um den Unterricht weiterzuentwickeln; mit dem Fokus auf die Förderung von Schüler:innen (Reteach). Zur positiven Wirksamkeit der Lesson Study hat Rzejak (2019) ein Review erstellt.

Kombination mit weiterem Professionalisierungskonzept und resultierendes Problem

Zur Planung des mit der Lesson Study zu beobachtenden Unterrichts wird die sog. Rückwärtsplanung (Richter & Komorek, 2017) eingesetzt. Mit ihr wird angestrebt, die Studierenden zu sensibilisieren, zwischen Sicht- und Tiefenstruktur des Unterrichts zu unterscheiden, denn i. d. R. sind angehende Lehrkräfte sehr auf die Sichtstruktur ihres Unterrichts fixiert: Welchen Einstieg, welches Experiment, welche Methoden, welche Sozialformen sind zielführend, um Lernziele zu erreichen? Das sind Fragen, die sich stellen. Die Tiefenstruktur, also die kognitive Ebene haben sie meist nicht im Blick. Das ist aber sehr wichtig, weil Unterricht sonst schlicht nach Mustern abläuft (Reusser et al. 1998; Seidel, 2003), die immer wieder weitergegeben werden. Um Änderungen bewirken zu können, müssen (angehende) Lehrkräfte ihren Unterricht auf Wirksamkeit hin reflektieren (Meentzen & Stadler, 2010) und damit auch zur Tiefenstruktur des Unterrichts vordringen. Die Rückwärtsplanung fußt auf den Basismodellen des Lernens (Oser & Patry, 1990; Krabbe, Zander & Fischer, 2015; Richter & Komorek, 2017) samt Lernschrittfolgen. Ausgehend vom Unterrichtsgegenstand formulieren die Studierenden zu den Lernschritten kognitive Prozesse, die passend dazu ablaufen sollen.

Problem

Obwohl der Charme der Lesson Study darin besteht, dass ein Perspektivwechsel vom Lehren zum Lernen stattfindet, lenkt sie den Blick doch stark auf zu beobachtende Lernhandlungen, also auf die Sichtstruktur des Unterrichts. Somit konterkariert die Lesson Study die Bestrebungen der vorgestellten Rückwärtsplanung, auch die Tiefenstruktur ins Auge zu fassen, und unterstützt ungewollt die starke Fokussierung der Studierenden auf Handlungen. Diesen ungewollten Fokus kritisiert auch Knoblauch (Knoblauch, 2019, S.49), wenn er konstatiert, dass Interpretationen der Beobachtungen und zugrundeliegende Lerntheorien leider nicht oder unzureichend erläutert werden. Dabei muss der Zusammenhang zwischen Lernverständnis, Beobachtungsmethoden, Datensammlung und Interpretation begründet werden (Larssen et al., 2018). Eine weitere Schwierigkeit der Methode ist die Skalierung der Lernaktivität, die in Reproduktion, Reorganisation und Transfer untergliedert ist. Unserer Meinung nach gibt diese Einteilung der Lernaktivität die tatsächliche Lernaktivität der Schüler:innen nicht gut wieder.

Lösungsansätze

Es muss gelingen, die Lesson Study so zu adaptieren, dass sie im Hinblick auf die gewünschte Professionalisierung der Lehramtsstudierenden Sicht- und Tiefenstruktur des Unterrichts explizit zu unterscheiden erlaubt. Die Sichtstruktur basiert auf Veränderungen des

gegenwärtigen Verhaltens; sichtbar sind: Aktivitäten, Äußerungen, Gestik, Blickrichtung, Kontext und soziale Beziehungen. Um herauszufinden, was eine Person denkt, fühlt oder wahrnimmt, bedarf es einiger Umwege (Schäfer, 2012). Beobachtende sind angewiesen auf „wahrnehmendes Beobachten". Hilfreich dabei ist, dass die Komplexität der Lernhandlungen Rückschlüsse auf die Komplexität der kognitiven Prozesse in der beobachteten Situation erlaubt, sodass in der Lesson Study diese Verbindung stärker in den Blick genommen werden muss. Hierzu wurde ein Beobachtungsverfahren entwickelt, das die Verfahren von drei Autoren (de Boer, 2012; Dudley, 2014; Knoblauch, 2016), die Lesson Study einsetzen, miteinander kombiniert. Als Ergebnis resultiert folgender Ablauf:

- Bei der Lesson Study wird der Unterricht entlang einer Rückwärtsplanung entwickelt, die auf Basismodellen und Lernschrittfolgen basiert.
- Es werden Case Pupil unterschiedlicher Leistungsstufen durch die Lehrkraft gewählt.
- Grundlage der Lernaktivitätskurve sind Beobachtungen, die narrativ auf Karten notiert werden, sowie Interviews mit den Case Pupil.
- Die Erkenntnisse werden mit den, während Rückwärtsplanung festgesetzten anzustrebenden Kognitionen verglichen, um die Tiefenstruktur zu explizieren.
- Darauf basierend wird der Unterricht weiterentwickelt.
- Außerdem wird die Skalierung der Lernaktivitätskurven angepasst: Für die Aktivitäten wird der Anforderungsbereich (I bis III) bestimmt und dann von „keine Aktivität" bis zu „selbständig und zielgerichtet aktiv" skaliert.

Fazit

Gemäß obigem Ablaufplan wurde das Modul im Sommersemester 2023 erstmals durchgeführt. Das damit einhergehende Explizieren der Tiefenstruktur des Unterrichts hatte positive Effekte, wie am Fallbeispiel des Case Pupil „Melanie" besonders deutlich wird: Melanie wird von der Fachlehrkraft als schwach und ruhig eingestuft. Sie wurde im Rahmen der Lesson Study von zwei Studierenden (B1, B2) beobachtet. B1 hat Zwischenfragen in Arbeitsphasen gestellt, B2 hat anschließend interviewt. Auf der Sichtstruktur stellt sich Melanie als sehr still dar, sie guckt häufig zum Nachbarn, gibt Antworten nur auf Ansprache. Untersuchungen auf der Tiefenstruktur zeichnen von Melanie ein vollständig anderes Bild: Die Interviews zeigen, dass sie genau weiß, worum es in der Stunde geht. Melanie schreibt nicht ab, sondern vergewissert sich durch Blick auf ihre Nachbarn, ob ihr Ergebnis richtig ist. Sie ist lediglich verunsichert (für die Lehrkraft neue Sichtweise). Erfahrungen auf der Ebene der Studierenden sind ebenfalls positiv. Die Kombination aus Rückwärtsplanung und Lesson Study erweist sich als gewinnbringend, da nun der direkte Vergleich von Planung und Beobachtung möglich wird, auf Sichtstruktur- und auf Tiefenstrukturebene! So können Schwachstellen aufgedeckt und angegangen werden. Zu beobachten, wie Schüler:innen auf das eigene Lehrerhandeln reagieren, und dies auf die eigene Planung zu beziehen, war für Studierende ein Augenöffner.

Literatur

Baba, T. (2007). Japanese Education and Lesson Study: An Overview. In M. Isoda, M. Stephens, Y. Ohara & T. Miyakawa (Hrsg.), Japanese Lesson Study in Mathematics. Its Impact, Diversity and Potential (S. 2-7). World Scientific.

De Boer, H. (2012): Pädagogische Beobachtung. In H.de Boer &S.Reh (Hrsg.) Beobachtung in der Schule – Beobachten lernen.(S.65 – 82)Wiesbaden, Springer.

Dudley, P. (2014): Lesson Study: a Handbook. https://lessonstudy.co.uk/lesson-study-a-handbook/

Fichten, W. (2010). Forschendes Lernen in der Lehrerbildung. In U. Eberhardt (Hrsg.), Neue Impulse in der Hochschuldidaktik: Sprach- und Literaturwissenschaften (S. 127–182). Wiesbaden: Springer.2015

Hattie, J. (2009). Visible Learning. London, New York: Routledge. (2013) Lernen sichtbar machen. Schneider Verlag Hohengehren GmbH; Baltmannsweiler

Knoblauch, R. (2016): Lesson Study. Kooperative Weiterentwicklung des Lehrens und Lernens. In Pädagogik 2017 (3), 34 – 39.

Knoblauch, R. (2017): Lesson Study - kooperative Weiterentwicklung des Lehrens und Lernens PÄDAGOGIK, 3/2017, S. 34 – 39

Knoblauch, R. (2019): Beobachtung und Dokumentation von Lernaktivitäten in der Lesson Study. In: Mewald, C.; Rauscher, E. (Hrsg.) Lesson Study Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung; StudienVerlag Innsbruck

Komorek, M. Fischer, A., Moschner, B. (2013) Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: Komorek, M. & Prediger, S (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign- Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Sammelband in der Reihe Fachdidaktische Forschungen der GFD, Waxmann Verlag, Münster u.a.

Krabbe, H.; Zander, S.; Fischer, H. E. (2015): Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster, New York: Waxmann (Ganz In - Materialien für die Praxis).

Larssen, D., Cajkler, W., Mosvold, R., Bjuland, R., Helgevold, N., Fauskanger, J., Wood, P., Baldry, F., Jakobsen, A., Bugge, H., Næsheim-Bjørkvik, G. & Norton, J. (2018): A literature review of lesson study in initial teacher education. : Perspectives about learning and observation. International Journal for Lesson and Learning Studies. Online unter https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLLS-06-2017-0030/full/html (letzter Zugriff 31.7.2023)

Mewald, C. (2) (2019); Die Beobachtungen in der Lesson Study. In Mewald, C.; Rauscher, E. (Hrsg.) Lesson Study Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung; StudienVerlag Innsbruck

Meentzen, U., Stadler, M. (2010): Wie Lehrkräfte bei der Reflexion über ihren Unterricht unterstützt werden können. Aus: Müller, Florian H. (Hrsg.); Eichenberger, Astrid (Hrsg.); Lüders, Manfred (Hrsg.); Mayr, Johannes (Hrsg.): Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung. Münster u.a.: Waxmann (2010) S. 161-173

Messner, R. (2019). „Tiefen-Didaktik“ – zur praktischen Wende der Lehr-Lernforschung. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), Unterrichtsqualität. Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Münster, New York: Waxmann.

Oser F. / Patry J.-L. (1990): Choreographien unterrichtlichen Lernens: Basismodelle des Unterrichts. (Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89). Freiburg (CH): Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.

Reusser, K., Pauli, C. & Zollinger, A. (1998): Mathematiklernen in verschiedenen Unterrichtskulturen – eine Videostudie im Anschluss an TIMSS. Beiträge zur Lehrerbildung, 16(3), 427 - 438

Rzejak, D. (2019): Zur Wirksamkeit von Lesson Study :Ein systematisches Review empirischer Studien. In Mewald, C.; Rauscher, E. (Hrsg.) Lesson Study Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung; StudienVerlag Innsbruck

Richter, C. & Komorek, M. (2017): Backbone - Rückgrat bewahren beim Planen. In: Wernke, S. & Zierer, K. (Hg.) Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2017

Schäfer, G.E., Alemzadeh, M. (2012): Wahrnehmendes Beobachten. Berlin und Weimar

Seidel, 2003: Lehrerhandeln im Unterricht. In Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (pp.605-629)Chapter: Lehrerhandeln im Unterricht Publisher: Waxmann Editors: E. Terhart, H. Bennewitz, M. Rothland

Magdalena Micoloi[1]
Lana Ivanjek[2]
Thomas Schubatzky[3]
Sarah Wildbichler[3]
Rainer Wackermann[4]
Mieke de Cock[5]
Gesche Pospiech[1]

[1]TU Dresden
[2]JKU Linz
[3]Universität Innsbruck
[4]Ruhr-Universität Bochum
[5]KU Leuven

Testinstrument zum kritischen Denken im Kontext Klimawandel (CTCC)

In der heutigen Zeit wird der Klimawandel als eine der drängendsten globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts anerkannt. Darunter zählen nicht nur internationale Organisationen, wie die Vereinigten Nationen, politische Gremien und nationale Regierungen auf der ganzen Welt, sondern auch wissenschaftliche Gemeinschaften wie der IPCC sowie Individuen, die sich der rapide verändernden Klimasituation bewusst sind. Durch verstärkte mediale Berichterstattungen wird das Thema „Klimawandel" noch mehr in die öffentliche Wahrnehmung gerückt und Jugendliche werden über die Sozialen Medien damit konfrontiert. Gerade bei der Rezeption von Informationen müssen Heranwachsende Acht geben, insbesondere wenn sie *Social Media* als Hauptinformationsquelle nutzen (Höttecke & Allchin, 2020). Aus diesem Grund erlangt die Fähigkeit zum kritischen Denken in diesem Kontext zunehmend an Bedeutung. Um sich effektiv mit der Thematik Klimawandel auseinandersetzen zu können, ist aufgrund der Komplexität des Themas nicht nur eine fundierte fachliche Grundlage erforderlich, sondern auch die Fähigkeit, unterschiedliche Informationen und Ansichten kritisch zu hinterfragen und zu bewerten, um daraus informierte Entscheidungen treffen und Handlungen setzen zu können (Keller, Stötter, Oberrauch, Kuthe, Körfgen & Hüfner, 2019; Kubisch, Keller & Parth, 2023). Die Lernenden sollen sich durch diese Fähigkeiten aktiv an den intensiver werdenden Debatten beteiligen und potenzielle Lösungsansätze bewerten können. Im Erasmus+ Projekt „Engaging" wurde deshalb ein Test entwickelt, der zunächst bei Lehramtsstudierenden überprüfen soll, ob diese relevanten Fähigkeiten des kritischen Denkens (CT = critical thinking) im Kontext Klimawandel (CC = climate change) vorhanden sind. Lehrkräfte haben direkten Einfluss auf die Bildung und Entwicklung der Heranwachsenden, weshalb sie zuerst untersucht werden.

Theoretischer Hintergrund

In Bezug auf das kritische Denken gibt es unterschiedliche Definitionen (Ennis, 1993; Halpern, 1998; McPeck, 1981). In diesem Fall wird die Definition von Halpern (Halpern, 2010) herangezogen, deren Auslegung der Fähigkeiten des kritischen Denkens sich zwar auf alltägliche Situationen bezieht, diese sich aber gut im naturwissenschaftlichen, im Speziellen im Fachbereich Physik, anwenden lassen. Sie definiert fünf Fähigkeiten, die wesentlich sind, um Probleme in einer immer komplexeren Welt zu verstehen und zu lösen: *verbal reasoning, argument analysis, hypothesis testing, likelihood and uncertainty analysis* und *problem solving and decision making*. Die ersten beiden Fähigkeiten (*verbal reasoning* und *argument analysis*) meinen, komplexe sprachliche Informationen zu verstehen, logische Schlussfolgerungen zu ziehen und die Struktur von Argumenten zu erkennen, sowie deren Stärken und Schwächen zu beurteilen (Halpern, 1998, S. 451). Beim „hypothesis testing" geht

es zum Beispiel darum, festzustellen, ob bei einem Experiment ein guter Versuchsaufbau genutzt wurde und ob bei Veränderungen auch Variablen kontrolliert wurden, um aussagekräftige Schlüsse ziehen zu können und somit eine Hypothese zu unterstützen oder zu widerlegen (Halpern, 1998, S. 451). Die Fähigkeit „likelihood and uncertainty analysis" meint, dass Wahrscheinlichkeiten und Unsicherheiten in Bezug auf verschiedene Informationen oder Datenquellen bewertet und daraus fundierte Schlussfolgerungen unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten gezogen werden (Halpern, 1998, S. 451). "problem solving and decision making" bezeichnet die Fähigkeit, komplexe Probleme zu identifizieren, systematisch zu analysieren, unterschiedliche Lösungswege zu bewerten und schließlich begründete Entscheidungen zu treffen, um die Probleme effektiv zu lösen (Halpern, 1998, S. 451). Der komplexe Kontext Klimawandel muss inhaltlich auf grundlegende Konzepte eingegrenzt werden, um eine Kombination mit den fünf Fähigkeiten des kritischen Denkens zu ermöglichen. Folgende Konzepte lagen der Erhebung des Inhaltswissens mit dem Testinstrument „CCCI-422" (Schubatzky, Wackermann, Wölke, Haagen-Schützenhöfer, Jedamski, Lindemann & Cardinal, 2023) zugrunde und werden auch beim CTCC verwendet: *Fakten zur Atmosphäre, Klima als System, Kohlenstoffkreislauf, Wetter und Klima* und *Treibhauseffekt*.

Forschungsfrage
Wie lassen sich die Fähigkeiten des kritischen Denkens im spezifischen Kontext Klimawandel bei Studierenden messen?

Methodisches Vorgehen
Diese Frage soll mit Hilfe eines Multiple-Choice-Fragebogens, bei dem nur eine Antwort die richtige ist, beantwortet werden. Für die Erstellung der Testitems wurden in einem ersten Schritt die fünf Fähigkeiten des kritischen Denkens mit den fünf inhaltlichen Konzepten des Klimawandels verschränkt, was mindestens 25 Kombinationen ergibt. In der ersten Phase der Testentwicklung wurden halbstrukturierte Interviews mit Studierenden und Schüler:innen durchgeführt, die im Anschluss transkribiert, kodiert und analysiert wurden. Aus den Antworten der Studierenden und Schüler:innen konnten realitätsnahe Distraktoren für die unterschiedlichen Items gebildet werden, die nicht nur bekannte Lernendenvorstellungen (u.a. Gorr, 2021; Bhattacharya, Carroll Steward & Forbes, 2021; Jarrett & Takacs 2020; Schubatzky, Pichler & Haagen-Schützenhöfer, 2020) widerspiegeln, sondern auch Argumentationsmuster aufzeigen, die von den Proband:innen häufig genutzt wurden. Im Anschluss folgte die zweite Phase der Testentwicklung, nämlich die Erstellung der ersten Version des Testinstruments „CTCC". Wie oben beschrieben, wurden die fünf Fähigkeiten nach Halpern mit den fünf Themengebieten zum Klimawandel kombiniert. Es wurden insgesamt 41 Items entwickelt, wobei zumindest ein Item für jede Kombination erstellt wurde. Für manche Kombinationen wurden mehrere Items gebildet und ausgetestet, um zu überprüfen, welche Items am besten funktionieren. Manche Items sind fast identisch und unterscheiden sich nur minimal, zum Beispiel nur darin, dass bei einem Item „CO_2" als Treibhausgas benannt wurde, bei dem anderen Item Wasserdampf. Um die zeitliche Beanspruchung der Probanden zu begrenzen, wurden die Items auf zwei Testhefte aufgeteilt (A und B), zu je 26 Fragen pro Heft. In beiden Testheften dienen die ersten elf Items als Anker-Items.

Stichprobe

Beide Testhefte wurden von Studierenden unterschiedlicher Universitäten bearbeitet, darunter TU Dresden, Ruhr-Universität Bochum, JKU Linz, Universität Innsbruck und KU Leuven, hauptsächlich aus dem Physik-Lehramt. Insgesamt haben über 280 Studierende den Test durchgeführt, mit einer durchschnittlichen Bearbeitungsdauer von 35 Minuten. Jedoch haben viele die Bearbeitung abgebrochen, was eine effektive Stichprobengröße von N=191 ergibt. Die vorhandenen Daten wurden im Anschluss mittels Rasch-Datenanalyse ausgewertet (Rasch, 1960).

Vorläufige Ergebnisse

Um die Analyse des Tests vorstellen zu können, muss zunächst noch erwähnt werden, wie bei der Auswertung der zwei Testhefte vorgegangen wurde: Die gesammelten Daten der 191 Proband:innen wurden so ausgewertet, dass bei jenen Personen, die Testheft A durchgeführt haben, bei den Items aus Testheft B ein „X“ gesetzt wurde. Das „X“ steht in diesem Fall für eine fehlende Antwort. Jene Fragen, die die Studierenden nicht beantworteten, weil sie nicht bis ans Ende des Tests gekommen sind, z.B. durch Testabbruch, haben eine Wertung von „0“ bekommen, also eine falsche Antwort. Der aktuelle Analysestand der Ergebnisse zeigt daraus folgend ein Cronbach-Alpha von 0,76, eine hohe Item Reliabilität von 0,96 und eine Personen Reliabilität von 0,86 und ist zufriedenstellend. Für die erste Durchführung wurden die Grenzwerte von 0,5 und 1,5 definiert. Fragen mit Infit- und Outfit-MNSQ-Werten zwischen 0,7 und 1,3 haben einen guten Fit, aber alle Items mit Infit- und Outfit-MNSQ-Werten zwischen 0,5 und 1,5 können als gut genug für die Messung angesehen werden (Linacre, 2018). Nur Item 1 befindet sich sowohl beim Infit- als auch beim Outfit-Wert außerhalb dieser Grenzwerte, zusätzlich liegen aber noch sechs weitere Items beim Outfit-Wert außerhalb des Bereichs. Alle Item-Korrelationen sind positiv und größer als 0,2, bis auf jene Items, für die sich auch die Infit- und Outfit-Werte nicht innerhalb der gewünschten Grenzwerte befinden. Diese Items werden entweder vom Test entfernt, sofern ein alternatives Item vorhanden ist oder umgeschrieben, um alle Kombinationen der Fähigkeiten mit den inhaltlichen Themengebieten zu evaluieren. Nach der Durchsicht der Infit- und Outfit-Werte wurde die Item-Person Map untersucht. Sehr erfreulich ist, dass sich die Mitte der Itemschwierigkeit bei der Mitte der Fähigkeit der Proband:innen befindet. Generell decken die vorhandenen Items die Population gut ab. Auffällig ist, dass es ein Cluster an Fragen gibt, die einen ähnlichen Schwierigkeitsgrad aufweisen. Diese Besonderheit ist den zwei Testheften geschuldet, die, wie zu Beginn erwähnt, zum Teil identische Formulierungen aufweisen und sich nur durch kleine Merkmale unterscheiden. Diese Ansammlung an Items wird durch die Reduzierung der Testitems aufgelöst.

Ausblick

Wie bereits bei den vorläufigen Ergebnissen angedeutet, wird der Test überarbeitet. Zusätzlich ist anzumerken, dass in der vorliegenden Stichprobe eine Auswahl besonders motivierter Studierender zu finden ist, die den anspruchsvollen Test mit umfangreichem Text vollständig bearbeitet haben. Bei einer erneuten Erhebung des überarbeiteten Tests sollen auch Schüler:innen der Sekundarstufe II einbezogen werden. Allgemein soll im Wintersemester 2023/24 eine größere Stichprobe gewonnen werden, um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Außerdem wird der Fragen-Cluster aufgelöst, was zu einer erheblichen Verkürzung des Tests führt und die Zeitproblematik in Angriff nehmen soll.

Literatur

Bhattacharya, D., Carroll Steward, K., & Forbes, C.T. (2021). Empirical research on K-16 climate education: a systematic review of the literature. Journal of Geoscience Education, 69(3), 223–247. https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1838848.

Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. Theory Into Practice 32(3), 179–186

Gorr, C. (2021). Klimawandel im Kontext des Klimasystems vermitteln: Cognitive-Development-Prozesse bezüglich des Klimabegriffs im Zuge der Verknüpfung schulischen und außerschulischen Lernens. BIS der Universität Oldenburg.

Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring, American Psychologist 53(4), 449–455

Halpern, D. F. (2010). The Halpern critical thinking assessment: Manual. Schuhfried GmbH

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. Science Education. 1–26. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Jarrett, L., & Takacs, G. (2020). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. Environmental Education Research, 26(3), 400–420.

Keller, L., Stötter, J., Oberrauch, A., Kuthe, A., Körfgen, A., & Hüfner, K. (2019). Changing Climate Change Education: Exploring moderate constructivist and transdisciplinary approaches through the research-education co-operation k.i.d.Z.21. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 28(1), 35-43(9) https://doi.org/10.14512/gaia.28.1.10

Kubisch, S., Keller, L., & Parth, S. (2023). Klimawandelbildung. In: Gryl, I., Lehner, M., Fleischhauer, T., Hoffmann, K.W. (eds) Geographiedidaktik. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65730-0_13

Linacre, J. M. (2018). A user's guide to Winsteps Ministep Raschmodel computer programs. http://www.winsteps.com/winman/copyright.html

McPeck, J. E. (1981). Critical thinking and education, New York: St Martin's Press

Schubatzky, T., Pichler, A., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Weiter-Entwicklung eines Klimawandel-Testinstruments. PhyDidB-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1.

Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Jedamski, M., Lindemann, H., & Cardinal, K. (2023). Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. ZfDN 29 (10), 1-23. https://doi.org/10.1007/s40573-023-00159-8

Rasch, G. (1960). Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Danmarks Paedagogiske Institut, Copenhagen

Lotte Hahn[1]
Thorid Rabe[1]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Physik-Erklärvideos – Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften

Ausgangslage & Problemstellung

Als frei zugängliche Bildungsressource spielen YouTube-Erklärvideos bereits eine bedeutende Rolle beim selbstregulierten Lernen bei Schüler*innen. Lernende sehen in Erklärvideos vor allem Potenziale bei der Nacharbeitung von Unterrichtsinhalten, bei der Unterstützung bei Hausaufgaben und bei der Vorbereitung auf Prüfungen (Rat für Kulturelle Bildung, 2019). Gleichzeitig zeigen erste Analysen, dass Erklärvideos bspw. des momentan populären YouTube-Kanals „Physik - simpleclub“ nicht der wünschenswerten fachlichen und fachdidaktischen Qualität eines Bildungsmediums entsprechen (Krey & Rabe, 2021). Jedoch empfehlen Lehrkräfte genau diesen Kanal (Becker, 2016).
Vor diesem Hintergrund stellen systematische Erklärvideoanalysen ein Forschungsdesiderat dar. Empirisch ungeklärt ist außerdem, wie (angehende) Physiklehrkräfte zu Erklärvideos stehen und wie und aus welchen Gründen sie diese in Unterrichtskontexten einsetzen bzw. potenziell einsetzen würden. In einem Promotionsprojekt wird dem mit einer systematischen Analyse der fachlichen und fachdidaktischen Qualität von Physik-Erklärvideos auf YouTube und einer qualitativen Erhebung von Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften bezüglich Physik-Erklärvideos nachgegangen.

Forschungsfragen

Im Rahmen des Promotionsprojekts werden die folgenden Forschungsfragen, aufgeteilt in Erklärvideoanalyse (FF1) und Erhebung von Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos (FF2), aufgestellt:

- FF1.1: Welche fachliche und fachdidaktische Qualität von Erklärvideos lässt sich bei einer Analyse anhand von Qualitätsmerkmalen feststellen?
- FF2.1: Welche Einstellungen in Bezug auf Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht lassen sich bei (angehenden) Physiklehrkräften identifizieren?
- FF2.2: Lassen sich (angehende) Physiklehrkräfte hinsichtlich ihrer Einstellungen zu Physik-Erklärvideos und weiterer Merkmale typologisieren?

Methodik & Stichprobe

Erklärvideoanalyse

Für die Analyse wurden exemplarisch Videos mit den thematischen Schwerpunkte Dichte und Schall recherchiert. Mit dem Ziel, möglichst die Videos in der Analyse abzubilden, die Schüler*innen potenziell anschauen und die Lehrkräfte potenziell für Unterrichtskontexte nutzen, wurden 13 Videos zum Thema Dichte und zehn Videos zum Thema Schall ausgewählt. Diese Erklärvideos werden anschließend hinsichtlich fachlichen und allgemeinen lernpsychologischen Kriterien (Mayer, 2021) analysiert. Die fachliche Qualität wird dabei in vier Kategorien klassifiziert: (1) Versprecher/Verschreiber, (2) Fachsprachlich unsauber, (3) Fachlich unsauber und (4) Fachlich falsch.
Die fachdidaktische Qualität der Videos wird mithilfe eines adaptierten Analyserasters nach Kulgemeyer (2018, 2020) ermittelt. Dabei wurden die Qualitätskriterien aus Kulgemeyer

(2018, 2020) in einem Analyseraster vereint, einzelne Qualitätskriterien wurden zur individuellen Bewertung weiter aufgesplittet und die kontinuierliche Einstufungsskala von Plus- zu Minuspol aus Kulgemeyer (2018) wurde zu einer dreistufigen Skala, mit (1) Vollständig erfüllt, (2) Teilweise erfüllt und (3) Nicht erfüllt oder problematisch umgesetzt, adaptiert.

Erhebung von Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos

Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos werden im Rahmen des Promotionsprojekts qualitativ mittels leitfadengestützter Einzelinterviews erhoben. Die Inhalte des Interviewleitfadens orientieren sich dabei an der bis heute weitgehend akzeptierten Vorstellung des Multikomponentenmodells (Zanna & Rempel, 1988). Dem Modell zufolge haben Einstellungen eine kognitive und affektive Komponente und können unter Umständen auch Einfluss auf das Verhalten haben. Zielgruppe der Befragung sind Physiklehramtsstudierende der MLU und praktizierende Physiklehrkräfte mit mindestens fünf Jahren Berufserfahrung. Die Physiklehramtsstudierenden haben dabei eine im Rahmen ihres Studiums obligatorische Lehrveranstaltung besucht, in der Erklärvideos thematisiert und von den Studierenden selbst analysiert und produziert werden (Hahn, 2023). Drei Monate nach Abschluss dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden zu einem Interview eingeladen. Lehrkräfte werden hingegen direkt zum Interview eingeladen. Ausgewertet werden diese Interviews jeweils mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker (2022).

Erste Ergebnisse

Erklärvideoanalyse

Die Ergebnisse im Rahmen der fachlichen Analyse der Erklärvideos zum Schwerpunkt Dichte zeigen, dass sowohl fachsprachliche Unsauberkeiten als auch fachliche Fehler in Erklärvideos keine Einzelbefunde sind (Abb. 1).

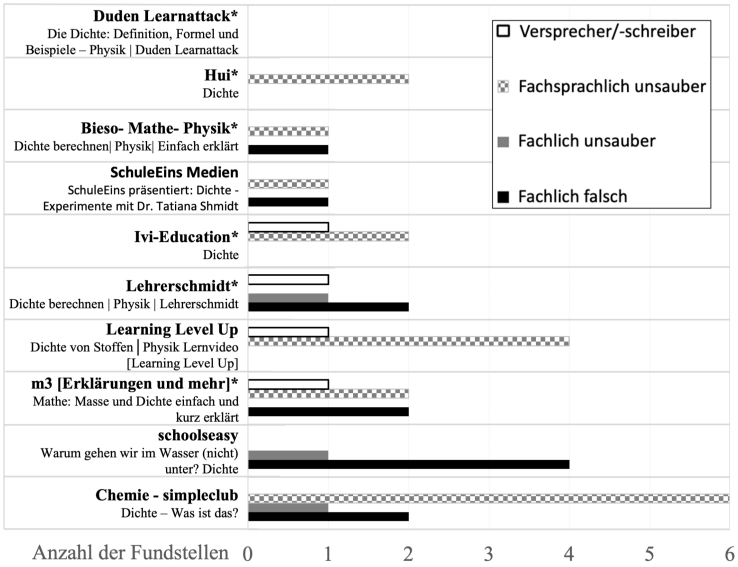


Abb. 1: Ergebnisse zur fachlichen Qualität der Erklärvideos zum thematischen Schwerpunkt Dichte (von mit Sternchen markierten Videos ist bereits auch die fachdidaktische Qualität analysiert)

Die Analyse der fachdidaktischen Qualität der Erklärvideos zum thematischen Schwerpunkt Dichte zeigt, dass alle bislang analysierten Erklärvideos die Qualitätskriterien nach Kulgemeyer (2018, 2020) nicht adäquat erfüllen. Sowohl aus fachlicher als auch aus fachdidaktischer Sicht als besonders kritisch hervorzuheben sind die Videos von „m3 [Erklärungen und mehr]“ und „Lehrerschmidt“. Bislang die meisten Qualitätskriterien nach Kulgemeyer (2018, 2020) erfüllt das Erklärvideo von „Duden Learnattack“. Gleichzeitig ist bei diesem Video kritisch anzumerken, dass sich das Video thematisch an Lernende mit Physik im Anfangsunterricht richtet, inhaltlich ist die Erklärung jedoch nicht durchgängig an den Wissensstand dieser Zielgruppe adaptiert.

Erhebung von Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos

Im Folgenden wird das Hauptkategoriensystem für die Zielgruppe der Physiklehramtsstudierenden als vorläufiges Zwischenergebnis im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse vorgestellt. Die Kategorienbildung erfolgte dabei sowohl deduktiv als auch induktiv. Dem Multikomponentenmodell (Zanna & Rempel, 1988) zufolge, lassen sich die folgenden Hauptkategorien der kognitiven Komponente von Einstellungen zuordnen:

- Relevanz von Erklärvideos
- Hürden bei Erklärvideos
- Potenziale von Erklärvideos
- Potenzieller Einsatz im Physikunterricht: Gründe
- Potenzieller Einsatz im Physikunterricht: Rahmenbedingungen

Die Hauptkategorie „Emotionen in Verbindung mit Erklärvideos“ lässt sich der affektiven Komponente zuordnen. Die Kategorien „Eigene Nutzung von Erklärvideos außerhalb des heutigen Physikunterrichts“ und „Wahrscheinlichkeit für potenziellen Einsatz im Physikunterricht“ lassen sich der verhaltensbezogenen Komponente zuordnen.

Die momentanen Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse zeigen, dass Physiklehramtsstudierende unterschiedlich zu Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht argumentieren. Dabei unterscheiden sich die Gründe und Ziele des (potenziellen) Einsatzes sowie die Art und Weise des (potenziellen) Umgangs mit Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht. Trotz einer Vielzahl an wahrgenommenen Hürden, die in Verbindung mit Physik-Erklärvideos genannt werden, sind die befragten Physiklehramtsstudierenden aufgeschlossen gegenüber dem Einsatz von Erklärvideos in Unterrichtskontexten.

Fazit & Ausblick

Die ersten Ergebnisse der Erklärvideoanalyse zeigen, dass Physik-Erklärvideos auf YouTube mehrheitlich wünschenswerte Kriterien an Erklärqualität nicht erfüllen. Besonders bedenklich erscheint darüber hinaus, dass fachliche Fehler in Erklärvideos keinen Einzelbefund darstellen. Ein abschließendes Fazit zur Qualität von Physik-Erklärvideos auf YouTube soll nach Abschluss aller Erklärvideoanalysen gezogen werden. Dieses Ergebnis kann dazu dienen, bspw. mögliche positive oder negative Einstellungen bzw. Einstellungsanteile bzgl. Physik-Erklärvideos von (angehenden) Physiklehrkräften einordnen und diskutieren zu können.

Literatur

Becker, L. (2016). Nachhilfe von den Kumpels aus dem Internet. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/buero-co/youtube-stars-bieten-erfolgreiche-nachhilfevideos-14569699.html

Hahn, L. (2023). Erklärvideos in der Hochschullehre mit Studierenden thematisieren, analysieren und produzieren. In M. Ballod & K. Heider (Hrsg.), *Bildung nachhaltig transformieren: Ergebnisse aus dem BMBF-Projekt DikoLa.* Hallesche Beiträge zur Lehrer*innenbildung: Bd. 7. Zentrum für Lehrer*innenbildung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Krey, O., & Rabe, T. (2021). Zu Risiken und Nebenwirkungen… oder Wo ist die Packungsbeilage? Eine Analyse von Erklärvideos zur Schulphysik. In E. Matthes, S. T. Siegel, & T. Heiland (Hrsg.), *Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft? Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 156–167). Julius Klinkhardt.

Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.

Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. *Computer und Unterricht*, *109*, 8–11.

Kulgemeyer, C. (2020). Erklären im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik Grundlagen* (4. Aufl., S. 403–426). Springer Spektrum.

Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning.* (3. Aufl.). Cambridge University Press.

Rat für Kulturelle Bildung. (2019). *Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019*. Rat für Kulturelle Bildung e. V.

Zanna, P. M., & Rempel, J. K. (1988). Attitudes: a new look at an old concept. In D. Bar-Tal & W. Kruglanski (Hrsg.), *The Social Psychology of Knowledge* (S. 315–334). Cambridge University Press.

Madeleine Hörnlein[1] [1]Universität Paderborn
Christoph Kulgemeyer[2] [2]Universität Bremen

Durch Lernaufgaben zum Konzeptwissen? – Effektivität von Erklärvideos

Erklärvideos werden sowohl von Lernenden als auch von Lehrkräften für schulische Zwecke genutzt. Die bisherige Forschung zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos zeigt aber, dass sie hauptsächlich ein Wissen vermitteln, dass die Fakten umfasst, die direkt im Video gezeigt werden. Aus einer konstruktivistischen Sicht auf Lernen reicht es nicht aus, ein Erklärvideo einfach nur anzusehen, um nachhaltig daraus zu lernen. In diesem Beitrag soll sich der Frage angenähert werden, wie das Lernen mit Erklärvideos effektiver gelingen kann und welchen Beitrag eine geeignete Einbettung, z.B. durch Lernaufgaben dabei leistet. Dazu werden in der hier vorgestellten experimentellen Studie zwei verschiedene Aufgaben, die auf ein Erklärvideo folgen, sowie eine Gruppe ohne Aufgabe hinsichtlich der Entwicklung von deklarativem und Konzeptwissen miteinander verglichen.

Theoretische Annahmen zum Lernen mit Erklärvideos

Soll ein Erklärvideo im Unterricht eingesetzt werden, stellt sich die Frage nach dem Lernziel, was damit erreicht werden soll. Oder anders formuliert: Welche Art von Wissen kann überhaupt durch das Ansehen solcher Videos vermittelt werden? Bisherige Forschung legt nahe, dass Erklärvideos hauptsächlich deklaratives Wissen vermitteln (Kulgemeyer, 2018). In diesem Zusammenhang wird *deklaratives Wissen* als isoliertes, verbalisierbares *Faktenwissen* verstanden, wobei diese Fakten nicht notwendigerweise miteinander verknüpft sind (Anderson & Krathwohl, 2001). Durch die fehlende Vernetzung ist dieses Wissen anfällig für rasches Vergessen. In Bezug auf das Lernen mit Erklärvideos bezeichnet deklaratives Wissen die Fakten, die direkt aus dem Video gelernt werden.

Dies entspricht nicht den Zielen des Physikunterrichts, wonach Lernende das neu gelernte Prinzip auch auf andere Sachverhalte übertragen können sollen. Dieses tiefere Verständnis wird hier als *Konzeptwissen* bezeichnet. Konzeptwissen ist stärker vernetzt und kann auch implizit vorhanden sein (Anderson & Krathwohl, 2001; Gagne, Briggs & Wagner, 1992). Im Gegensatz zu deklarativem Wissen kann Konzeptwissen langfristiger behalten werden und flexibel auf verschiedene (auch unbekannte) Situationen angewendet werden.

Erklärvideos können generell die Konstruktion von Wissen nicht ersetzen, sondern nur unterstützen. Sie müssen dazu in die aktive Wissenskonstruktion integriert (Wittwer & Renkl, 2008) und angewendet werden (Altmann & Nückles, 2017), um nachhaltig daraus zu lernen. Ohne entsprechende Einbettung bergen Erklärvideos die Gefahr einer *Verstehensillusion*, also der irrtümlichen Annahme, ein Konzept verstanden zu haben, obwohl dies objektiv nicht der Fall ist (Kulgemeyer & Wittwer, 2022).

Um also nachhaltiges und flexibles Konzeptwissen zu entwickeln, reicht es nicht aus, ein Erklärvideo einfach nur anzusehen. Dafür muss auch eine Anwendung erfolgen, in der das neue Prinzip auf unbekannte Beispiele angewendet wird (Kulgemeyer, Sterzing & Hörnlein, 2023). Eine Möglichkeit für diese Anwendung des Wissens stellen auf das Erklärvideo folgende Lernaufgaben dar. Lernaufgaben können beispielweise nach ihrer kognitiven Komplexität klassifiziert und low-level von high-level Aufgaben unterschieden werden (Brophy & Good, 1986; Renkl & Helmke, 1992). Low-level Aufgaben erfordern dabei den Wissensabruf aus

dem Gedächtnis oder auf das Lernen mit Erklärvideos bezogen die Reproduktion des Videoinhalts. High-level Aufgaben erfragen dagegen die Anwendung des gelernten Prinzips auf ein neues Beispiel. Studien zur Wirksamkeit der beiden Aufgabentypen zeigen bisher keine klaren Vorteile für einen der beiden Aufgabentypen (Renkl & Helmke, 1992).

Design der Studie

Die Entwicklung des Wissens (deklarativ und Konzeptwissen) nach dem Schauen eines Videos und in Abhängigkeit von Vorhandensein und Art einer nachfolgenden Lernaufgabe wurde in einer experimentellen Studie untersucht.

Die Stichprobe bestand aus $N = 187$ Studierenden einer Vorlesung, die sich an Studierende des Sachunterrichts im ersten oder zweiten Semester richtet. Aus der Stichprobe haben 137 Personen keinen Physikkurs in der Sekundarstufe II besucht. Damit kann der Stichprobe insgesamt ein geringes Vorwissen im Bereich Physik unterstellt werden, was sie damit aber zur idealen Zielgruppe für das Lernen mit Erklärvideos macht (Kulgemeyer, 2019). Die Untersuchung fand in einem Prätest-Posttest Design mit Follow-up Test zu drei Zeitpunkten (Beginn ($N_1 = 153$), Mitte ($N_2 = 100$) und Ende ($N_3 = 54$) des Semesters) statt. Die Teilnehmenden wurden randomisiert auf die drei Gruppen aufgeteilt (Low-level Aufgabe: $N_A = 37$; High-level Aufgabe: $N_B = 34$; Kontrollgruppe: $N_0 = 38$).

Für die Untersuchung wurde ein siebenminütiges Video erstellt, welches den Energiebegriff (Energiequadriga, Duit, 2007) qualitativ erklärt. Außerdem wurden zwei Lernaufgaben erstellt. Eine Aufgabe A, die den Videoinhalt vertieft (low-level) und eine Aufgabe B, die die Anwendung der Energiequadriga auf zwei noch nicht thematisierte Alltagsbeispiele erfordert (high-level).

Im Prätest (Beginn des Semesters) wurden demografische Daten aufgenommen sowie ein Wissenstest (zu beiden Wissensarten) durchgeführt (30 Items, $\alpha_{deklarativ} = 0{,}56$, $\alpha_{Konzept} = 0{,}76$). Zehn Items wurden selbst entwickelt, da diese nah am Video sein müssen, um das deklarative Wissen zu operationalisieren. Zur Überprüfung des Konzeptwissens wurden zwanzig Items aus dem Konzeptentwicklung Energie Test (Viering, Neumann & Fischer, 2017) ausgewählt.

In der 90-minütigen Interventionssitzung (Mitte des Semesters) schauten die Studierenden zunächst das Erklärvideo. Direkt im Anschluss fand der Posttest I statt, in dem Fragen zum Video gestellt wurden mit dem Ziel die Verstehensillusion zu erfassen, da dieser ungerechtfertigte Glaube etwas verstanden zu haben mutmaßlich mit dem Aufbau von Konzeptwissen abnimmt. Daran anschließend bearbeiten die Studierenden die ihnen zugeteilte Aufgabe. Nach der Aufgabenbearbeitung wird im Posttest II die Verstehensillusion nach der Aufgabe sowie mit denselben Items wie im Prätest das deklarative und Konzeptwissen ($\alpha_{deklarativ} = 0{,}65$, $\alpha_{Konzept} = 0{,}73$) gemessen. Die Kontrollgruppe bearbeitet Posttest II direkt im Anschluss an das Video und erhält keine Aufgabe zum Thema des Videos. Zusätzlich zu den Ergebnissen der Wissenstests bietet die hochgeladene Aufgabenbearbeitung Einsicht in den Bearbeitungsprozess. Damit kann ein Einblick darin gewonnen werden, ob die Lernenden auch so mit der Aufgabe arbeiten, wie es zu erwarten war. Dabei geht es nicht darum, die Qualität der Aufgabebearbeitung zu bewerten, sondern das Engagement der Studierenden. Dies wurde in drei Ausprägungen von sehr ausführlich, über lückenhaft bis zu keiner Bearbeitung unterschieden.

Acht Wochen nach der Interventionssitzung fand ein Follow-up Test mit den Items des Wissenstests ($\alpha_{deklarativ} = 0{,}76$, $\alpha_{Konzept} = 0{,}83$) und der Verstehensillusion statt, um die Nachhaltigkeit des Wissens zu überprüfen.

Mit der Unterscheidung zwischen der Kontrollgruppe zu den beiden Aufgabengruppe zusammen, soll untersucht werden, ob die Einbettung durch eine Lernaufgabe zu einem größeren Zuwachs an Konzeptwissen führt, als bei der Gruppe, die nur das Video hatte. Um Aussagen darüber zu treffen, welcher Aufgabentyp das Konzeptwissen stärker fördert, werden die beiden Aufgabengruppen miteinander verglichen.
Die Unterschiede im Konzeptwissen im Posttest zwischen den Gruppen wurden mit ANCOVAs analysiert (Konzeptwissen prä kontrolliert). Zudem wurden Pfadanalysen durchgeführt, die auch die Intensität der Aufgabenbearbeitung mitberücksichtigen.

Ergebnisse
Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Lernzuwachs zwischen der Aufgaben- und der Kontrollgruppe. Das zeigt die ANCOVA für das Konzeptwissen im Posttest mit den Ergebnissen des Prätests als Kovariate, $F(1,77) = 0{,}42; p = 0{,}52; \eta^2 = 0{,}05$. Es zeigten sich auch keine signifikanten Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den beiden Aufgabengruppen, $F(1{,}49) = 0{,}13; p = 0{,}72; \eta^2 = 0{,}03$. Demnach scheint es, als hätte die Aufgabe keinen Einfluss auf den Aufbau von Konzeptwissen.

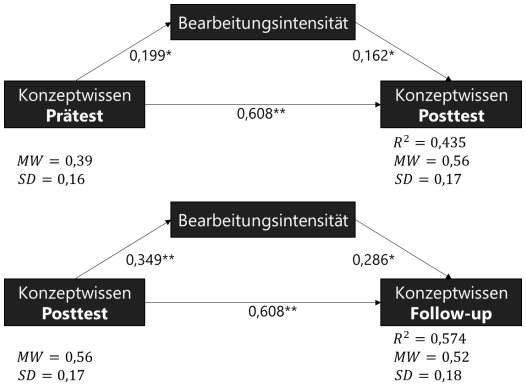


Abb. 1: Pfadmodelle zum Einfluss der Bearbeitungsintensität der Aufgabe auf die Ergebnisse im Posttest und Follow-up. Zusätzlich sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Variablen angegeben.

Wird nun aber auch der Prozess im Sinne der Bearbeitungsintensität mitbetrachtet, lassen sich aus den Pfadmodellen (Abb. 1) folgende Hinweise ableiten. Es zeigt sich u.a., dass die Bearbeitungsintensität einen signifikanten Einfluss auf das Konzeptwissen Follow-up hat, aber nicht so sehr auf den Posttest. Das deutet darauf hin, dass die Bearbeitungsintensität besonders das langfristige Behalten beeinflusst.
Insgesamt kann man schlussfolgern, dass das bloße Vorhandensein und die Art der Aufgabe nicht entscheidend für längerfristiges Behalten und den Aufbau von Konzeptwissen sind. Aber es hat etwas mit der Aufgabe zu tun, nämlich mit der Frage: Was machen die Lernenden daraus? Der Schlüssel scheint also die Bearbeitungsintensität bzw. kognitive Aktivierung bei der Aufgabenbearbeitung zu sein.
Um einen Ausblick auf weitere Schritte des Projekts zu geben, soll die kognitive Aktivierung in der nächsten Teilstudie im Wesentlichen durch externe Faktoren erhöht und dann erneut der Einfluss der Aufgaben auf die Entwicklung von Konzeptwissen untersucht werden. Die Bedeutung der Lernaufgaben und vor allem ihrer intensiven Bearbeitung sollte nicht unterschätzt werden, da sie einen entscheidenden Faktor für den Wissenserwerb darstellen.

Literatur

Altmann, A., & Nückles M. (2017). Empirische Studie zu Qualitätsindikatoren für den diagnostischen Prozess. In A. Südkamp & K. Praetorius (Hrsg.), Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: Theoretische und methodische Weiterentwicklungen. Münster: Waxmann, 134-141

Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom´s Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman

Brophy, J. E., & Good, T. L. (1986). Teacher behaviour and student achievement. In M. C. Wittrock (Hrsg.), Handbook of research on teaching (3rd Ed.). New York: Macmillian, 328-375

Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Unterricht Physik, 18 (101), 4-7

Gagne, R., Briggs, L., & Wagner, W. (1992). Principles of Instructional Design (4.th Ed.). TX: HBJ College Publishers

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education, 50 (6), 2441-2462. doi.org/10.1007/s11165 018 9787 7

Kulgemeyer, C. (2019). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. Studies in Science Education, 2 (54), 109–139. https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054

Kulgemeyer, C., Sterzing, F., & Hörnlein, M. (2023). Aus Erklärvideos lernen. In T. Wilhelm (Hrsg.), Digital Physik unterrichten: Grundlagen, Impulse und Perspektiven. Hannover: Klett Kallmeyer, 230-244

Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2022). Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding: An Experimental Study. International Journal of Science and Mathematics Education. https://doi.org/10.1007/s10763-022-10265-7

Renkl, A., & Helmke, A. (1992). Discriminant effects of performanceoriented and structureoriented mathematics tasks on achievement growth. Contemporary Educational Psychology, 17 (1), 47-55

Viering, T., Neumann, K., & Fischer, H. (2017). Kompetenzentwicklung Energie Test [Testinstrument: Version 1.0]. Erstanwendung 2009. Frankfurt am Main: Forschungsdatenzentrum Bildung am DIPF. dx.doi.org/10.7477/113:138:21

Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. Educational Psychologist, 43 (1), 49-64. doi.org/10.1080/00461520701756420

Susanne Metzger[1]
Marlene Labude[1]
Stephan Vonschallen[1]
Maleika Krüger[2]
Charlotte Schneider[1]

[1]Pädagogische Hochschule FHNW & Universität Basel
[2]Universität Potsdam

Erklärvideos im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangslage

Erklärvideos spielen für das Lernen eine immer größere Rolle, insbesondere in und nach der Covid-Pandemie (z. B. Allen & Seamen, 2017; Hansch et al., 2015; Matthes et al., 2021; Valentin, 2018; Wolf et al., 2021; Wolf & Kulgemeyer, 2016). So halten fast die Hälfte der 12–19-jährigen Schüler:innen YouTube-Videos für schulische Belange für wichtig bis sehr wichtig (Rat für kulturelle Bildung, 2019). Vereinzelte Studien zeigen, dass mit Erklärvideos wirksamer gelernt werden kann als mit reinen Printmedien (z. B. Härtig et al., 2021; Mayer & Fiorella, 2021; Reinke et al., 2021; Van Der Meij & Van Der Meij, 2014) und es wurden bereits diverse Qualitätsraster und Kriterienkataloge zur Bewertung von Erklärvideos entwickelt (z. B. Findeisen et al., 2019; Hermann et al., eingereicht; Kulgemeyer, 2019; Kulgemeyer & Peters, 2016; Marquart, 2016; Siegel & Hensch, 2021). Hingegen wurden Nutzungskontexte seitens Lehrpersonen und Schüler:innen bisher nur marginal erforscht (Cwielong & Kommer, 2020). Erklärvideos können beispielsweise bzgl. Produktionsart, Dauer oder Inhalt (Matthes et al., 2021) oder nach Verfügbarkeit unterschieden werden. In diesem Beitrag werden in Anlehnung an Wolf (2015) frei verfügbare von lehrmittelgebundenen Erklärvideos unterschieden: Während frei verfügbare Erklärvideos auf Plattformen wie z. B. YouTube, Khan Academy oder TheSimpleClub meist kostenlos und jederzeit verfügbar im Internet bereitstehen, sind lehrmittelgebundene Erklärvideos meist kostenpflichtig. Dafür wurden letztere in der Regel unter Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse aus Fachdidaktik und Lehr-Lern-Forschung entwickelt, während die fachliche und fachdidaktische Qualität von frei verfügbaren Erklärvideos nicht immer gesichert ist, was schlimmstenfalls abträglich für den Lernprozess sein kann (Eichhorn et al., 2019).

Forschungsfragen

Auf Grundlage bisheriger Erkenntnisse wird im Rahmen dieses Beitrags folgenden übergeordneten Fragestellungen nachgegangen:

- Wie nutzen Schüler:innen naturwissenschaftliche Erklärvideos?
- Wie lernwirksam sind naturwissenschaftliche Erklärvideos für Schüler:innen (frei verfügbare vs. lehrmittelgebundene)?

Die Beantwortung erfolgt mithilfe der Daten einer explorativen zweistufigen Studie zur Lernwirksamkeit und zur Nutzungsweise von Erklärvideos.

Untersuchungsdesign und Auswertung

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurden leitfadengestützte qualitative Interviews mit fünf Lehrpersonen (2 weiblich und 3 männlich) und sechs Schüler:innen (5 weiblich und 1 männlich) durchgeführt. Mithilfe der Interviews sollte unter anderem beantwortet werden, wie oft und aus welchen Gründen naturwissenschaftliche Erklärvideos von Schüler:innen verwendet werden, wie Schüler:innen nach Erklärvideos suchen, auf welche Qualitätskriterien

von Erklärvideos Schüler:innen und Lehrpersonen achten und welche Lernstrategien Schüler:innen beim Betrachten von Erklärvideos anwenden. Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung (Mayring & Fenzl, 2014).

Die Beantwortung der zweiten Fragestellung erfolgte exemplarisch mithilfe einer Selbstlerneinheit zum Elektromotor auf Grundlage des entsprechenden Kapitels im Lehrmittel NaTech 8 (Metzger et al., 2020) mit insgesamt 102 Schüler:innen aus sechs Klassen der Sekundarstufe I in einem Prä-/Posttest-Design mit drei Gruppen (Abb. 1). Die 60-minütigen Lerneinheiten der drei Gruppen unterschieden sich darin, wie die Funktionsweise des Elektromotors erklärt wird: Die Kontrollgruppe (A) erhielt Texte mit Bilden, die zweite Gruppe (B) erhielt das Erklärvideo aus NaTech 8 und die dritte Gruppe (C) erhielt vier verschiedene YouTube-Videos, aus denen die Schüler:innen eines oder mehrere auswählen konnten. Mit Gruppe C sollte das freie Auswählen von Erklärvideos aus dem Internet simuliert werden, wobei die vier angebotenen Erklärvideos aber alle fachlich richtig und bereits auf die relevanten Informationen zurechtgeschnitten waren.

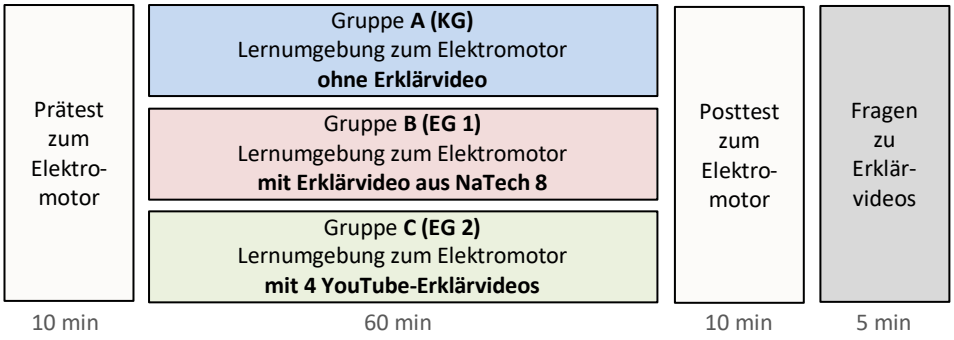


Abb. 1: Untersuchungsdesign

Die Zuteilung zu den Gruppen erfolgte durch die Lehrpersonen der jeweiligen Klassen. So entstanden drei Gruppen, deren Leitungen im Prätest annähernd gleichverteilt waren und ähnliche Mittelwerte aufwiesen (A: $M = 6.25$, $SD = 1.86$; B: $M = 7.11$, $SD = 2.07$; C: $M = 6.21$, $SD = 1.83$; insgesamt konnten 18 Punkte erreicht werden).

Ergebnisse

Obwohl gemäß Befragung im Rahmen der Studie zum Elektromotor etwa Dreiviertel der 102 Schüler:innen selten oder nie im Internet nach Erklärvideos suchen, gaben im Rahmen der Interviews alle befragten Schüler:innen an, aus eigenem Antrieb Erklärvideos aus dem Internet für die Prüfungsvorbereitung, bei Verständnisfragen oder für Hausaufgaben zu nutzen. Allerdings tun dies nicht alle gleich intensiv, leistungsstarke Jugendliche scheinen häufiger aus eigenem Antrieb nach Erklärvideos zu suchen. Insgesamt scheint sich der Einsatz von Erklärvideos seit der Pandemie verstärkt zu haben. Bei der Frage nach der Suchstrategie geben die Schüler:innen an, in der Regel mittels Stichwortsuche bei Google oder YouTube zu suchen, wobei dies eher intuitiv als systematisch geschieht. Die häufigsten Auswahlkriterien für die Jugendlichen sind die Anzahl Aufrufe eines Erklärvideos, die Passung des Videotitels zum Suchbegriff, der Kanalname sowie die «Professionalität» des Videos. Insgesamt schätzen

die Schüler:innen die Vertrauenswürdigkeit von frei im Internet verfügbaren Erklärvideos meist sehr hoch ein, während Lehrpersonen skeptischer sind.

Zur Beantwortung der Frage nach der Lernwirksamkeit von Erklärvideos wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Dabei ergab sich kein signifikanter Interaktionseffekt zwischen den Gruppen und dem Messzeitpunkt ($F(2,99) = 1.538$, $p = .222$). Allerdings wurde ein Haupteffekt für den Messzeitpunkt gefunden ($F(1,99) = 25.77$, $p < .001$). Außerdem wurden für jede Gruppe within-subject t-Tests für abhängige Stichproben durchgeführt, um mögliche Effekte der einzelnen Bedingungen zu identifizieren. Dabei ergab sich bei der Gruppe ohne Erklärvideo (A) keine signifikante Verbesserung der Testleistung ($t(33) = 1.90$, $p = .067$), bei den Gruppen mit Erklärvideos (B resp. C) konnten aber signifikante Verbesserungen der Testleistungen mit schwacher resp. mittelstarker Effektstärke (Cohens d) gefunden werden (B: $t(33) = 2.69$, $p = .011$, $d = .46$; C: $t(33) = 4.16$, $p < .001$, $d = .71$).

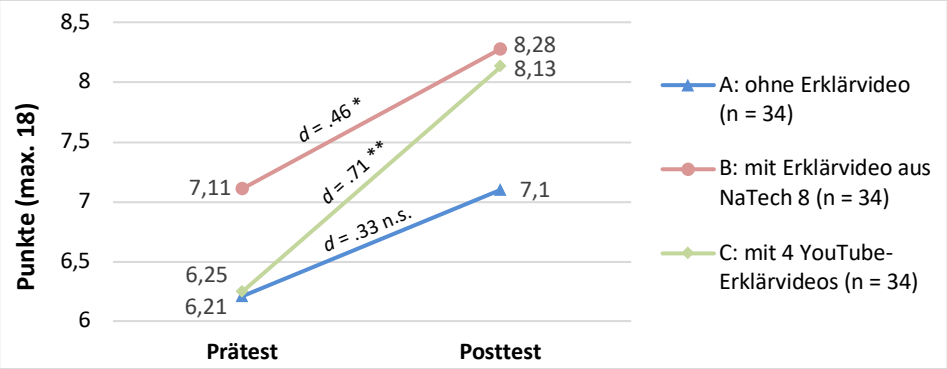


Abb. 2: Mittelwertsunterschiede des Prä- und Posttests zum Elektromotor

Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich folgern, dass Erklärvideos Schüler:innen beim Lernen unterstützen können und dass der Lernzuwachs im hier vorgestellten Setting mit Erklärvideo(s) größer zu sein scheint als ohne Erklärvideo. Jedoch scheinen Jugendliche bisher Erklärvideos eher selten systematisch sowie nicht immer zielführend zu nutzen. Für die Auswahl und sinnvolle Einbettung von Erklärvideos in lernförderliche Umgebungen benötigen Lehrpersonen und Schüler:innen Strategien, wie sie Erklärvideos kriteriengeleitet auswählen und mit diesen lehren bzw. lernen können. Für Lehrpersonen gibt es bereits diverse Kriterienraster für die fachliche und didaktische Einschätzung von Erklärvideos, während für Schüler:innen, bei denen subjektiv-intuitive Qualitätseinschätzungen eine Rolle spielen, entsprechende Tools erst noch zu entwickeln sind. Nachfolgende Studien sollten beim Vergleich der Lernwirksamkeit von Erklärvideos, die Lehrpersonen resp. Lehrmittel zur Verfügung stellen und die ideal zur jeweiligen Lerneinheit passen, und von Erklärvideos, die frei im Internet verfügbar sind, einen möglichst realistischen Zugang zu den frei verfügbaren Erklärvideos sicherstellen. Das heißt insbesondere, dass Schüler:innen entweder eine freie Suche ermöglicht werden sollte oder dass eine größere Auswahl an Erklärvideos, die nicht unbedingt alle fachlich korrekt sein müssen, zur Verfügung gestellt werden.

Literatur

Allen, I.E. & Seaman, J. (2017). *Digital learning compass: Distance education enrollment report 2017*. https://onlinelearningsurvey.com/reports/digtiallearningcompassenrollment2017.pdf

Cwielong, I.A. & Kommer, S. (2020). Alles Simple (Club)? Bildung in der digitalen vernetzten Welt: Erste Ergebnisse einer Marktanalyse im Feld der Erklärvideos und Tutorials. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, *39*, 196–210. https://doi.org/10.21240/mpaed/39/2020.12.11.X

Eichhorn, A., Rabe, T. & Krey, O. (2019). Jetzt fangen die Physiker aber das Spinnen an. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, *72 (5)*, 408–412.

Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 16–36. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X

Hansch, A., Hillers, L., McConachie, K., Newman, C., Schildhauer, T. & Schmidt, P. (2015). Video and Online Learning: Critical Reflections and Findings from the Field. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2577882

Härtig, H., Ostermann, A., Ropohl, M., Schwanewedel, J., Kampschulte, L. & Lindmeier, A. (2021). Gibt es einen fachspezifischen Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Fachunterricht? Ergebnisse einer Fragebogenerhebung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *27*(1), 139–154. https://doi.org/10.1007/s40573-021-00130-5

Hermann, M., Wilhelm, M. & Brovelli, D. (eingereicht). Qualitätskriterien für Erklärvideos als Ausgangspunkt für die Erfassung fachdidaktischer Kompetenzen von Naturwissenschaftslehrpersonen.

Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP-Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 285–288). Universität Regensburg.

Kulgemeyer, C. & Peters, C.H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, *37*(6), 065705. https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705

Marquardt, K. (2016). *Beurteilungsraster für Mathematik-Erklärvideos: Chancen, Grenzen und Durchführung mittels Resultaten aus der Schulbuchforschung (Diplomarbeit)*. Universität Wien. tinyurl.com/y87hmhm3.

Matthes, E., Siegel, S.T. & Heiland, T. (Hrsg.). (2021). *Lehrvideos - das Bildungsmedium der Zukunft? erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Mayer, R.E. & Fiorella, L. (Hrsg.). (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333

Mayring, P. & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0

Metzger, S., Brückmann, M., Engel, S., Möschler, L., Murer, L., Weidele-Senn, F. & Kunz, P. (2020). *NaTech 8. Lehrmittel für Natur und Technik für das 8. Schuljahr* (1. Auflage.). Zürich: Lehrmittelverlag.

Rat für kulturelle Bildung. (2019). JUGEND / YOUTUBE / KULTURELLE BILDUNG. HORIZONT 2019. https://www.stiftung-mercator.de/de/publikationen/jugend-youtube-kulturelle-bildung-horizont-2019/

Reinke, B., Eisenmann, M., Matthiesen, S., Matthiesen, U. & Wagner, I. (2021). Erklärvideos - im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht eine Alternative zu Texten? *Journal of Technical Education (JOTED)*, 168-187 Seiten. https://doi.org/10.48513/JOTED.V9I2.217

Siegel, S.T., & Hensch, I. (2021). Qualitätskriterien für Lehrvideos aus interdisziplinärer Perspektive: Ein systematisches Review. In E. Matthes, S.T. Siegel, & T. Heiland (Hrsg.), *Lehrvideos - das Bildungsmedium der Zukunft? erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 254–266). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Valentin, K. (2018). Video-Tutorials. *Medienimpulse*, *56 (4)*, 1–39. https://doi.org/10.21243/MI-04-18-07

Van Der Meij, H. & Van Der Meij, J. (2014). A comparison of paper-based and video tutorials for software learning. *Computers & Education*, *78*, 150–159. https://doi.org/10.1016/j.compedu. 2014.06.003

Wolf, K.D. (2015). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. Audiovisuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? *Medien + Erziehung*, *59 (1)*, 30–36.

Wolf, K.D., Cwielong, I.A., Kommer, S. & Klieme, K. E. (2021). Leistungsoptimierung von Schülerinnen und Schülern durch schulbezogene Erklärvideonutzung auf YouTube: Entschulungsstrategie oder Selbsthilfe? *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, *42*(Optimierung), 380–408. https://doi.org/10.21240/mpaed/42/2021.12.31.X.

Wolf, K.D., & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, *27*(152), 36–41.

Claus Bolte[1]
Dennis Dietz[1]

[1]Freie Universität Berlin

Motivationseffekte im integrierten und fächerdifferenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangspunkt

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht (INU) ist in zahlreichen europäischen und angelsächsischen Ländern (z. B. Niederlande, Schweiz, UK, USA, Kanada) gängige Praxis (Rehm et al., 2008, S. 103). Demgegenüber ist es in Deutschland Tradition, naturwissenschaftliche Allgemeinbildung durch einen in die Fächer Biologie, Chemie und Physik differenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht (FdNU) anzubahnen. Doch welcher Ansatz zur Förderung allgemeiner naturwissenschaftlicher Grundbildung ist bzgl. seiner Zielsetzungen eigentlich effektiver und bildungswirksamer?

Da wissenschaftlich fundierte Vergleiche dieser beiden Ansätze aufgrund der Vielzahl potenzieller Störvariablen schwer zu realisieren sind, gibt es auch nur sehr wenige empirische Studien, die helfen, diese grundsätzliche Frage zu beantworten (u.a. Bennett et al., 2007; Labudde, 2014; Dietz 2023). In Zusammenarbeit mit einer Kooperationsschule ist es uns gelungen, systematisch konzipierte Vergleichsstudien mit guter Variablenkontrolle durchzuführen (Dietz, 2023). Im Rahmen der letzten beiden GDCP-Jahrestagungen haben wir bereits empirisch fundiert nachgewiesen, dass die INU-Schüler*innen der Kooperationsschule das Energiekonzept vernetzter – und damit erfolgreicher – erlernt haben (Dietz & Bolte, 2022; 2023). In diesem Beitrag gehen wir der Frage nach, welchen Einfluss INU bzw. FdNU auf die Motivation der Schüler*innen der Kooperationsschule ausgeübt hat.

Theorie

Lernmotivation ist sowohl für das Lernverhalten als auch für die Persönlichkeitsentwicklung von entscheidender Bedeutung (Krapp, 2006, S. 33). Aus diesem Grund besteht die Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht nur darin, Wissen zu vermitteln, sondern auch darin, Schüler*innen für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Sachverhalten möglichst intrinsisch zu motivieren (Streller et al., 2019, S. 77). Inwieweit Schüler*innen den Unterricht als motivierend wahrnehmen, kann mit dem Modell zur Analyse des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht (kurz: MoLe-Modell) aufgeklärt werden (Bolte, 1996; 2004a;b). Das MoLe-Modell vereint die pädagogische Interessentheorie (u.a. Schiefele et al., 1983; Krapp, 2006) und die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993) und berücksichtigt – in seiner aktuellen Version – acht Komponenten (Variablen): 1. die Relevanz des Unterrichtsthemas, 2. die Wahrnehmung der eingeräumten Partizipationsmöglichkeiten, 3. das Erleben von Autonomie und 4. das eigener Kompetenzentwicklung sowie 5. das Gefühl sozialer Eingebundenheit (festgemacht an der Mitarbeit der Klasse). Diese fünf Komponenten beeinflussen zunächst 6. die Partizipationsbereitschaft des Einzelnen und damit verbunden schlussendlich 7. die Zufriedenheit des Einzelnen mit dem Unterricht sowie 8. seinen/ihren kognitiven Lernerfolg (Streller et al., 2019, S. 81 f.). Im Rahmen des von der EU geförderten PROFILES Projekts (2010-2015) konnte mit Hilfe des MoLe-Modells auf inter-

nationaler Basis nachgewiesen werden, wie Lernumgebungen, die auf eine zeitgemäße naturwissenschaftliche (Allgemein-)Bildung (Scientific Literacy) abzielen, Schüler*innen motivieren, naturwissenschaftliche Sachverhalte und Methoden zu erlernen (Bolte, 2012; 2014). Im Rahmen dieses Beitrags gehen wir daher folgenden Forschungsfragen nach:

1. *Wie werden die Komponenten (1 bis 7) des motivationale Lernklimas von Schuler*innen am Ende der 7. und 8. Jahrgangsstufe beurteilt, die …*
   - differenziert in den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie und Physik (FdNU) … (oder)
   - integriert naturwissenschaftlich (INU) unterrichtet werden?
2. *Welche Unterschiede sind bzgl. der Beurteilung der Komponenten (1 bis 7) des motivationalen Lernklimas beim Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen zu identifizieren?*

Design und Methode

Um die Forschungsfragen zu beantworten, greifen wir auf die Daten zurück, die wir im Zuge der oben genannten Interventionsstudie (Dietz, 2023) erhoben haben. Komponente 8, d. h. den persönlichen Lernerfolg der Schüler*innen, haben wir mit Hilfe des MAVerBE-Modells in Hinsicht auf das Energiekonzept untersucht (Dietz, 2023; Dietz & Bolte, 2022; 2023). Die Komponenten 1 bis 7 wurden unter Einsatz der beiden MoLe-Fragebogen-Versionen (der REAL- und IDEAL-Version, s. Bolte, 2004a;b; 2016) den Analysen zugängig gemacht. Aus den REAL- und IDEAL-Rückmeldungen der Schüler*innen werden sog. Wunsch-Wirklichkeitsdifferenzen berechnet. Alle statistisch relevanten Gruppenvergleiche werden mittels t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2017).

Ausgewählte Ergebnisse

Die Datenerhebungen zur Analyse des motivationalen Lernklimas erfolgten zum Ende des Unterrichts in den Jahrgangsstufen 7 und 8 der Schuljahre 2017/18 bis 2021/22. Aus der Kontrollgruppe (KG – FdNU) haben in beiden Jahrgangsstufen jeweils 135 Schüler*innen (7.Jgst.: 45 Biologie, 45 Chemie, 45 Physik; 8. Jgst.: 43 Biologie, 48 Chemie, 45 Physik) ihre beurteilenden Einschätzungen zurückgemeldet. Aus der Interventionsgruppe (IG – INU) haben sich insgesamt 242 (Jgst. 7) und 183 Schüler*innen (Jgst. 8) beteiligt. Die Ergebnisse bzgl. der Beurteilung der Komponenten 1 bis 7 des motivationalen Lernklimas am Ende der 7. und 8. Jahrgangsstufe samt der berechneten Wunsch-Wirklichkeits-Differenzen (WWD) und der identifizierten statistisch signifikanten Paarvergleiche sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Komponenten des motivationalen Lernklimas	**REAL**		**WWD (IDEAL-REAL)**	
	KG-7	**IG-7**	**KG-7**	**IG-7**
Zufriedenheit	4,54	5,41***	1,58	1,09***
Kompetenzerleben	4,88	5,24**	0,65	0,40
Relevanz	2,78	4,03***	1,44	1,06
Partizipationsmöglichkeiten	4,94	5,91***	1,45	0,52***
Mitarbeit der Klasse	4,26	4,44	1,28	1,17
Partizipationsbereitschaft	4,93	5,40***	0,62	0,26*
Autonomie	4,88	6,02***	0,92	-0,08***

Tab. 1.a Beurteilung der Komponenten des motivationalen Lernklimas (MoLe) am Ende der Jahrgangsstufe 7 ($N_{KG} = 135$, $N_{IG} = 242$) samt Kennzeichnung statistisch signifikanter Gruppenvergleiche (*** $p < 0{,}001$, ** $p < 0{,}01$, *$p < 0{,}05$)

Komponenten des motivationalen Lernklimas	REAL		WWD (IDEAL-REAL)	
	KG-8	IG-8	KG-8	IG-8
Zufriedenheit	4,65	5,44***	1,47	0,78***
Kompetenzerleben	4,95	5,05	0,84	0,57
Relevanz	2,93	3,70***	1,40	1,08*
Partizipationsmöglichkeiten	5,44	6,26***	0,79	0,04***
Mitarbeit der Klasse	4,01	4,78***	1,56	0,87***
Partizipationsbereitschaft	4,97	5,33*	0,43	0,20
Autonomie	5,14	5,90***	0,23	-0,26***

Tab. 1.b Beurteilung der Komponenten des motivationalen Lernklimas (MoLe) am Ende der Jahrgangsstufe 8 (N_{KG} = KG = 135, N_{IG} = 183)

Diskussion

Am Ende der 7. Jahrgangsstufe haben die Schüler*innen der IG das motivationale Lernklima in allen Dimensionen positiver wahrgenommen als die Schüler*innen der KG; sechs von sieben Paarvergleiche fallen statistisch signifikant aus. Die berechneten Wunsch-Wirklichkeits-Differenzen untermauern die Befunde der REAL-Analysen aus der 7. Jahrgangsstufe (Tab. 1a). Am Ende der 8. Jahrgangsstufe zeigt sich sowohl mit Blick auf die Beurteilung des motivationalen Lernklimas als auch hinsichtlich der berechneten Wunsch-Wirklichkeits-Differenzen ein vergleichbares Bild mit einander sehr ähnlichen Befunden (siehe Tab. 1b).

Stärken und Limitationen

Durch die Beteiligung der Kooperationsschule wurden die Schüler*innen – sowohl die der KG als auch die der IG – vom selben Fachkollegium und in den gleichen von den Lehrplänen vorgeschriebenen und verpflichtenden Fachinhalten unterrichtet. Außerdem konnte sichergestellt werden, dass die beteiligten Schüler*innen aus dem gleichen schulischen Einzugsgebiet stammten. Daraus lässt sich ableiten, dass keine nennenswerten Unterschiede im sozialen Status oder bzgl. der Bildungsaffinität ihrer Elternhäuser aufgetreten sein sollten (Dietz, 2023). Einschränkend ist festzuhalten, dass wir insgesamt "nur" drei Doppeljahrgänge untersuchen konnten. Auch der Untersuchungszeitpunkt ist kritisch zu betrachten, da zwei Untersuchungskohorten in Zeiten der Pandemie auch zeitweise Fernunterricht erhielten. Umso bemerkenswerter sind die besonders positiven Befunde der beiden Interventionsgruppen zu bewerten.

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schüler*innen der Kooperationsschule infolge der Einführung des INU in den Jahrgangsstufen 7 und 8 nicht nur das naturwissenschaftlich bedeutsame Energiekonzept erfolgreicher erlernt haben (Dietz & Bolte, 2022; 2023; Dietz, 2023), sondern auch das motivationale Lernklima am Ende beider Jahrgangsstufen als signifikant positiver (d. h. intrinsisch motivierender) eingeschätzt haben, als ihre Mitschüler*innen, die traditionell in Biologie, Chemie und Physik unterrichtet wurden. Damit ist es gelungen, zwei besonders bedeutsame Erfolgsparameter naturwissenschaftlicher Bildungsbemühungen empirisch zu belegen; beide Parameter sprechen für eine möglichst breite Implementation Integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Jahrgangsstufen 7/8. – Gegenwärtig führen wir Interviews mit Lehrer*innen der Kooperationsschule durch, um passgenauere und bedürfnisorientiertere Fortbildungsangebote für interessierte Kollegien zu entwickeln.

Literatur

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education, 91,* 347–370.

Bolte, C. (1996). *Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht.* IPN Kiel.

Bolte, C. (2004a). Motivation und Lernerfolg im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *PdN ChiS, 53(2)*, 2–5.

Bolte, C. (2004b). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht an Realschulen und Gymnasien. *PdN ChiS, 53(7)*, 33-37.

Bolte, C. (2012). How to analyse and assess students motivation to learn chemistry. Kapanadze, M., & Eilks, I. (eds.). *Student Active Learning in Science*. Ilia State University Press. Tbilisi (Georgia), pp. 85-91.

Bolte, C. (2014). Evaluating Students Gains in PROFILES. In: C. Bolte, & F. Rauch (Eds.). *Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' Continuous Professional Development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission* (pp. 48-51). Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C. (2016). Der MoLe-Fragebogen zur Analyse des motivationalen Lernklimas – hier mit Blick auf Chemieunterricht in der REAL-, IDEAL- und TGL (9. Auflage) (Stand 2018-11-20). Freie Universität Berlin (unveröffentlicht – zu beziehen auf Anfrage via: claus.bolte@fu-berlin.de).

Deci, E., & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *ZfPäd 39(2),* 223–238.

Dietz, D. (2023). *Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie. Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8".* Logos.

Dietz, D., & Bolte, C. (2022). Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht. In: S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 324-327). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021. Universität Duisburg-Essen.

Dietz, D., & Bolte, C. (2023). Vernetztes Lernen – aufgezeigt am Beispiel des Energiekonzepts. In: H. Van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 222-225). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2022 in Aachen. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2017). *Statistik und Forschungsmethoden* (5. Auflage, 1. Auflage: 2010).: Beltz.

Krapp, A. (2006). Was bewegt Menschen zum Lernen? In: Schüler 2006. *Lernen.* (S. 31-33). Friedrich.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *ZfDN, 20,* 11–19.

PROFILES (2010-2015). http://www.profiles-project.eu/

Rehm, M., Bünder, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R., & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *ZfDN, 14,* 99–124.

Schiefele, H., Prenzel, M., Krapp, A., Heiland, A., & Kasten, H. (1983). *Zur Konzeption einer pädagogischen Theorie des Interesses.* Gelbe Reihe München.

Streller S., Bolte C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen.* Springer Spektrum.

Julia Welberg[1]
Daniel Laumann[1]
Susanne Heinicke[1]

[1]Universität Münster

Motive zur Wahl und Befunde zum Fachinteresse Physik von Lernenden

Einleitung

Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung nehmen Lernende während der Sekundarstufe I an verpflichtendem naturwissenschaftlichem Unterricht teil. In diesen verpflichtenden Kursen nimmt das Interesse jedoch, besonders in den Fächer Chemie und Physik, über die Mittelstufe hinweg und auch relativ zu anderen Fächern ab (Hoffmann et al., 1998; Kleickmann et al., 2012; Merzyn, 2013). Da Interesse als guter Prädiktor für die Wahl eines Faches gilt (Abel, 2002; Eitemüller & Walpuski, 2018), ist es nicht verwunderlich, dass die Wahlzahlen sowohl für Chemie als auch Physik zur Oberstufe seit Jahren rückläufig sind (KMK, 2021). Im Fach Chemie wurden dazu bereits Analysen nach Wahl- und Abwahlmotiven durchgeführt (z. B. Eitemüller & Walpuski, 2018; Hülsmann, 2015) für das Fach Physik liegen keine vergleichbaren aussagekräftigen Daten vor. Zusätzlich wurde in bisherigen Studien als Gruppierungsvariable meist das biologische Geschlecht genutzt, welches als alleiniges Merkmal zur individuellen Interessensförderung jedoch nicht hinreichend erscheint (Fruböse, 2010), sodass auch ergänzende Persönlichkeitsmerkmale berücksichtigt werden sollten. Einen alternativen Ansatz bietet die „Empathizing-Systemizing Theorie“ (Baron-Cohen, 2002, 2004), welche Personen nach ihrer Ausprägung des Empathisierens oder Systematisierens unterscheidet.

Empathisierendes und Systematisierendes Denken („Brain Type“)

Die „Empathizing-Systemizing Theorie“ (EST) unterscheidet Personen in der Ausprägung des Empathisierens und Systematisierens (Baron-Cohen, 2002, 2004). Es wird davon ausgegangen, dass beide Dimensionen vorhanden sind, jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt sein können (Baron-Cohen, 2004). Empathisieren beschreibt die Fähigkeit, Gefühle und Emotionen, sog. „mental states“ (Baron-Cohen, 2002, S. 248), zu erkennen und darauf angemessen zu reagieren (Baron-Cohen, 2002, 2004). Systematisieren beschreibt die Fähigkeit die eigene Umwelt als System und deren zugrundeliegende Regeln zu verstehen. Dabei wird versucht Muster zu analysieren und logische „wenn-dann“-Aussagen zu treffen (Baron-Cohen, 2002, 2004). Die Erhebung erfolgt mittels schülergeeigneter Kurzskalen (Welberg et al., 2022) als Selbsteinschätzung per Fragebogen. Erste Untersuchungen mit diesem Konstrukt zeigten eine höhere Varianzaufklärung des Fachinteresses Physik als mit einer Unterteilung nach Geschlecht (Welberg et al., 2023).

Interesse

Als Grundlage dient die „Person-Gegenstands-Theorie“ (Krapp, 1992b), nach welcher Interesse als eine Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand beschrieben wird. Gegenstände sind dabei im schulischen Kontext z.B. Inhalte, Wissensgebiete, aber auch Aktivitäten (Krapp, 1992a, 1992b). Es wird außerdem zwischen individuellem und situativem Interesse unterschieden. Bei einer Interessenhandlung kommt es zur Interaktion zwischen individuellem und situativem Interesse (Krapp, 1992b). Im fachdidaktischen Kontext kann Interesse weiter in Fach- und Sachinteresse unterschieden werden (Hoffmann et al., 1998).

Dabei wird mit dem Fachinteresse das Interesse beispielsweise am Fach Physik bezeichnet und mit dem Sachinteresse das Interesse an physikalischen und technischen Kontexten (Hoffmann et al., 1998).

Kurswahlen

Gründe für bzw. gegen die Wahl eines Schulfaches für die gymnasiale Oberstufe sind vielfältig (Hülsmann, 2015). Ein augenfälliger Faktor stellt dabei das jeweilige Fachinteresse dar (Abel, 2002; Hülsmann, 2015). Im Fach Chemie wurden zu weiteren Analyse von Motiven in einer groß angelegten Studie vielfältige Wahl- und Abwahlmotive untersucht und anhand des Erwartung-mal-Wert-Modell (Eccles & Wigfield, 2002) klassifiziert. Für das Fach Chemie zeigt sich das Fachinteresse als häufigster Wahlgrund (interest-enjoyment-value). Hingegen stellt nicht ein mangelndes Fachinteresse den häufigsten Grund zur Abwahl dar, sondern vielmehr geringe Fähigkeitsselbstüberzeugungen (expectation of success). Da den beiden Fächern Chemie und Physik gemein ist, dass sie beide im Vergleich zu Biologie als weniger interessant (Merzyn, 2013) bewertet und auch weniger oft in die Oberstufe gewählt werden (KMK, 2021), ist zu vermuten, dass sich die Wahl- und Abwahlmotive von Chemie und Physik ähneln .

Forschungsdesign und Stichprobe

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Persönlichkeitsmerkmalen (Geschlecht, EST) und Fachinteresse Physik[1] sowie dem Wahlverhalten Physik wurden in einer Online-Fragebogenerhebung insgesamt 727 Lernende (50,6 % männlich, 48,0 % weiblich; Ø Alter = 15,1 Jahre) ab der Jahrgangsstufe acht befragt.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Modellierung der beschriebenen Zusammenhänge konnte ein Pfadmodell erstellt werden (s. Abb. 1). Es handelt sich hierbei nach Weiber & Sarstedt, 2021 um einen guten Modellfit (χ^2 = 6,43; p = ,169; χ^2/df = 1,608; CFI = 0,995; RMSEA = 0,029). Das Geschlecht hat dabei einen direkten Einfluss auf die Ausprägungen des Empathisierens und Systematisierens, sowie auf Fachinteresse und Kurswahl Physik. Allerdings ist der Einfluss auf Fachinteresse und Kurswahl deutlich geringer als auf die Ausprägungen der EST. Die Kurswahl von Physik wird stark vom Fachinteresse Physik beeinflusst, welches wiederum stark von der Ausprägung des Systematisierens beeinflusst wird. In dem hier gezeigten Modell konnte das bestehende Modell von Zeyer et al., 2012 um die Dimension der Kurswahl erweitert werden. Dabei ist in den vorliegenden Daten ein Einfluss des Geschlechts festzustellen, welchen Zeyer et al., 2012

[1] Die Erhebung des Fachinteresses erfolgt per Einzelitem „Wie stark interessiert dich das Fach Physik?“ auf einer vierstufigen Likert-Skala. Erhebungen aus Vorstudien zeigten eine signifikante Korrelation mit großer Effektstärke zwischen dem Einzelitem und einer 11-Item-Skala (Bergmann (2020)): r = .77, p ≤ .001, n = 2730.

nicht feststellten. Mögliche Gründe hierfür könnten die jüngere Stichprobe und die Adaption auf das Fachinteresse (statt Motivation Naturwissenschaften zu lernen) sein.

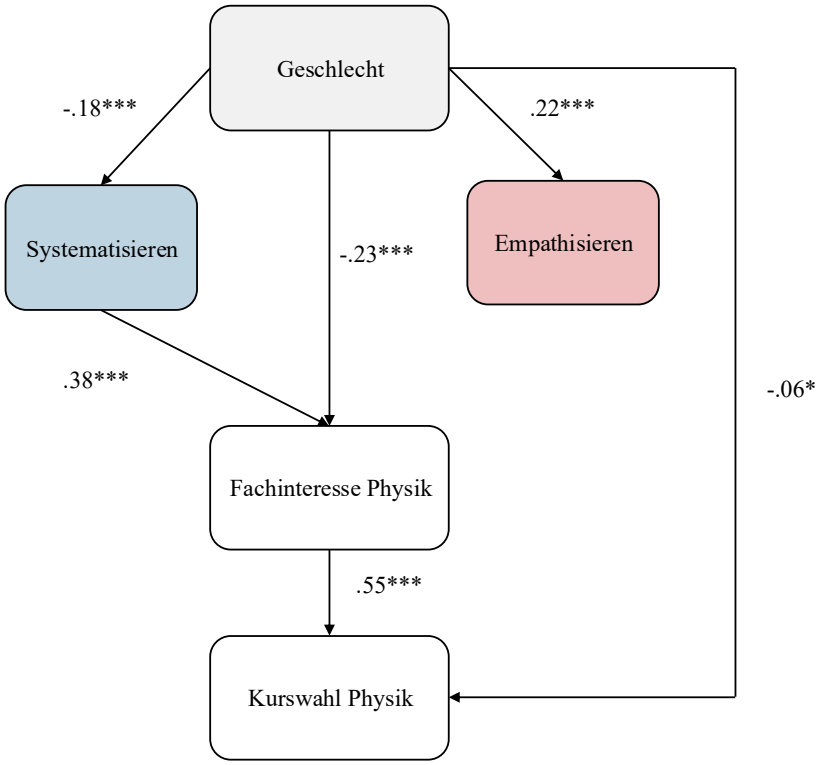


Abb. 1 Pfadmodell der Zusammenhänge zwischen Geschlecht, Empathisieren, Systematisieren und dem Fachinteresse Physik sowie der Wahl zur Oberstufe (Fit: $\chi^2 = 6{,}43$; $p = {,}169$; $\chi^2/df = 1{,}608$; CFI = 0,995; RMSEA = 0,029).

Fazit und Ausblick

Insgesamt zeigt das Pfadmodell das Potenzial der EST, besonders der Systematisierungs-Komponente für ein besseres Verständnis des Fachinteresses und der Wahl von Physik. In weiteren Arbeiten soll beleuchtet werden, wie sich die Lernenden anhand von verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen (Selbstwirksamkeitserwartung (Tuan et al., 2005), Fachselbstkonzept (Rost & Sparfeldt, 2002), Fachinteresse Physik und Systematisierungsquotient in unterschiedliche Profile einordnen lassen und welche Bezüge zur Wahl festgestellt werden können. Daher soll in weiteren Erhebungen die Analyse verschiedener Profile fortgeführt werden um besonders Lernende, die sich nicht für Physik interessieren und ihre Bedürfnisse an Physikunterricht besser zu verstehen, damit im Sinne einer *scientific literacy* allen Lernenden zumindest in der Sekundarstufe I eine aktive Teilhabe an Physikunterricht ermöglicht wird.

Literatur

Abel, J. (2002). Kurswahl aus Interesse? Wahlmotive in der gymnasialen Oberstufe und Studienwahl. *Die deutsche Schule*, *94*, 192–203.

Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(6), 248–254. https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01904-6

Baron-Cohen, S. (2004). *Vom ersten Tag an anders: Das weibliche und das männliche Gehirn*. Walter.

Bergmann, A. (2020). *Mathematisch-naturwissenschaftliches Fachinteresse durch Profilunterricht fördern – Theoriebasierte Evaluation eines Thüringer Schulversuchs in der Sekundarstufe I: Dissertation*, Universität Leipzig.

Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values and goals. *Annual Reviews Psychology*, *53*, 109–132.

Eitemüller, C. & Walpuski, M. (2018). Wahl- und Abwahlprofile im Fach Chemie: Ergebnisse einer Clusteranalyse zur Charakterisierung von Lernenden am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 251–263. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0087-6

Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht: Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmerkungen aus der Praxis. *Zeitschrift MNU*, *63*(7), 388–392.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. *IPN: Bd. 158*. IPN.

Hülsmann, C. (2015). *Kurswahlmotive im Fach Chemie: Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe*. Logos Verlag Berlin GmbH.

Kleickmann, T., Brehl, T., Saß, S., Prenzel, M. & Köller, O. (2012). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, H. Wendt, O. Köller & C. Selter (Hrsg.), *TIMSS 2011: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 123–169). Waxmann Verlag.

Krapp, A. (1992a). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, *38*(5), 747–770.

Krapp, A. (1992b). Das Interessenkonstrukt Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung.: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung.* (S. 297–329). Aschendorff.

Merzyn, G. (2013). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen* (2. unveränd. Aufl.). Schneider-Verlag.

Rost, D. H. & Sparfeldt, J. R. (2002). Facetten des schulischen Selbstkonzepts. *Diagnostica*, *48*(3), 130–140. https://doi.org/10.1026//0012-1924.48.3.130

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2021). *Belegte Kurse in der gymnasialen Oberstufe der allgemeinbildenden Gymnasien und Integrierten Gesamtschulen.*

Tuan, H.-L., Chin, C.-C. & Shieh, S.-H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, *27*(6), 639–654. https://doi.org/10.1080/0950069042000323737

Weiber, R. & Sarstedt, M. (2021). *Strukturgleichungsmodellierung: Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS* (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). *Springer-Gabler Lehrbuch*. Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32660-9

Welberg, J., Laumann, D., & Heinicke, S. (2022). Empathisierendes oder systematisierendes Denken im Physikunterricht? Testentwicklung für Lernende der Sekundarstufe I. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung,* Abgerufen von https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1273

Welberg, J., Laumann, D. & Heinicke, S. (2023). Empathisierendes und systematisierendes Denken in der Sekundarstufe I. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt: Tagungsband zur Jahrestagung 2022 in Aachen* (Bd. 43, S. 446–449). GDCP.

Zeyer, A., Bölsterli, K., Brovelli, D. & Odermatt, F. (2012). Brain Type or Sex Differences? A structural equation model of the relation between brain type, sex, and motivation to learn science. *International Journal of Science Education*, *34*(5), 779–802. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.635165

Xenia Schäfer[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg
Sebastian Habig[1]

Interesse im Schülerlabor – eine Frage von Situation oder Disposition?

Theoretischer Hintergrund und Problemstellung

Als Reaktion auf abnehmendes Interesse an naturwissenschaftlichen Fächern (Köller et al., 2020) wurden zahlreiche Schülerlabore ins Leben gerufen, die das Ziel haben, das MINT-Interesse der Schüler:innen zu fördern (Tillmann & Wegner, 2021). Laut Krapps Person-Gegenstands-Konzeption des Interesses (1992; 1998) wird dieses als eine Beziehung zwischen einer Person und einem Interessensgegenstand definiert. Wenn die Interaktion zwischen den beiden zielgerichtet erfolgt, spricht man von einer Interessenshandlung, die auf verschiedenen Ebenen ausgelöst werden kann. Das extern ausgelöste situationale Interesse ist ein aktueller psychologischer Zustand (State), während das individuelle Interesse als stabiles Persönlichkeitsmerkmal (Trait) verstanden wird und auf bereits vorhandene Präferenzen zurückzuführen ist (Kelava et al., 2020; Krapp, 1992). Beide Varianten sind im didaktischen Kontext relevant, allerdings ist lediglich das situationale Interesse durch kurzfristige Interventionen wie dem Besuch eines Schülerlabors manipulierbar (Bergin, 1999). Das Überwiegen einer der beiden Varianten in einer Lernumgebung kann wertvolle Hinweise für ihre Gestaltung geben (Renninger & Bachrach, 2015). Da es sich bei Schülerlaboren nicht um homogene Lernumgebungen (einheitliche Messsituation) handelt, müssen diese differenzierter betrachtet werden. Darüber hinaus wird der Interessensgegenstand in Schülerlaboren oft als Aktivität repräsentiert, die Aktivitätsform in der Forschung zu MINT-Interessenstrukturen allerdings oft nicht beachtet (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Diese Besonderheiten erfordern ein Kategorisierungssystem, für welches das RIASEC+N-Modell der Interessensdimensionen während naturwissenschaftlicher Tätigkeiten (Dierks et al., 2016) eine geeignete Grundlage bietet. Da der Fokus auf Subgruppen als Chance für das Design interessensförderlicher Lernumgebungen gilt (Blankenburg et al., 2016), sollen die Erhebungen zunächst im Extremgruppendesign ausgewertet und anschließend mithilfe einer Latent-State-Trait-Analyse nach den Einflüssen von Person und Situation in der jeweiligen Messgelegenheit aufgeschlüsselt werden. Dies wird in den folgenden Forschungsfragen zusammengefasst:

FF1: Wie unterscheidet sich das Interesse an RIASEC+N-Aktivitäten in Schülerlaboren zwischen Gruppen mit hohem und niedrigem Sach- und Fachinteresse in Chemie?

FF2: Welcher Anteil des Interesses an RIASEC+N-Aktivitäten im Schülerlabor kann auf die Disposition (Trait) bzw. Situation (State) zurückgeführt werden?

Forschungsdesign

Das Forschungsdesign basiert auf der Notwendigkeit, Interesse sowohl als Merkmalskomponente (Trait) als auch als Zustandskomponente (State) in Echtzeit zu erfassen. Um dies zu ermöglichen, haben wir uns für die Experience Sampling Method (Csikszentmihalyi & Larson, 2014) entschieden, die in einem komprimierten Format auf einen sechsstündigen Labortag mittels Fragebögen angewendet wurde. Der Ablauf folgt dabei einem einheitlichen Muster: Ankündigung der Aktivität, Durchführung der Aktivität und anschließende Interessensmessung mit dem gleichen Satz von Items (Kurzskala zur intrinsischen Motivation (KIM) aus Wilde et al., 2009) per Tablet.

Zusätzlich wurden semistrukturierte, fokussierte Interviews durchgeführt. Speziell für diese Studie wurde ein Laborprogramm entwickelt, das sich mit Säure-Base-Chemie im Kontext der Ozeanversauerung befasst und alle RIASEC+N-Aktivitäten exemplarisch abdeckt. Die Schüler:innen erhalten zunächst eine Einführung in das Problem und die fachlichen Inhalte. Hier erfolgt auch der erste Testblock, in dem individuelle Lernvoraussetzungen (nach Fechner, 2009) erhoben werden. Anschließend begeben sich die Proband:innen ins Labor, wo das bereits beschriebene Erhebungsmuster für die Aktivitäten *Realistic, Artistic, Conventional* und *Investigative* umgesetzt wird. Der Rest der Laborzeit wird für praktische Stationsarbeit genutzt. In der Nachbesprechung folgen die Messungen zu den verbleibenden Aktivitäten *Social*, *Networking* und *Enterprising* nach dem gleichen Schema. Das Design mit wiederholten Messungen desselben Konstrukts ermöglicht eine latente State-Trait-Analyse auf Grundlage der Strukturgleichungsmodellierung (Steyer et al., 1999). Die Stichprobe umfasst 461 Schüler:innen der Klassenstufen 8 bis 10 (Durchschnittsalter 15,12 Jahre, *SD* = 0,91) aus Realschulen und Gymnasien.

Forschungsfrage 1: Ergebnisse und Diskussion

Um die beiden Extremgruppen der Hoch- und Niedriginteressierten zu bilden, haben wir den Datensatz anhand der Ausprägungen des Sach- und Fachinteresses in Chemie aufgeteilt. Basierend auf Hinweisen aus diversen Studien (Habig et al., 2018; Renninger & Hidi, 2011; Rotgans & Schmidt, 2018), dass das individuelle Interesse das situative Interesse beeinflusst, stellten wir die Hypothese auf, dass die Gruppe der Hochinteressierten ihr Interesse an den jeweiligen RIASEC+N-Aktivitäten höher bewerten wird als die Niedriginteressierten. In Abbildung 1 sind die Interessensrankings chronologisch nach dem Zeitpunkt der Erhebung der jeweiligen RIASEC+N-Aktivität sortiert. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Interessensrankings auf der Likert-Skala. Die Aktivität *Realistic* (Durchführung eines Versuchs nach Anleitung) erhält bei allen Gruppen die höchsten Bewertungen. Es ist wichtig anzumerken, dass es sich hierbei um die erste Messung dieser Art und die erste praktische Aktivität im Labor handelte, was möglicherweise zu einem Neuigkeitseffekt beigetragen haben könnte. Die niedrigsten Werte in allen Gruppen wurden der Aktivität *Investigative* (Deuten von Versuchsergebnissen) zugeschrieben. Die Gruppe der Hochinteressierten (gelbe Boxplots) bewertet alle Phasen als signifikant interessanter als die Niedriginteressierten (dunkelblaue Boxplots), was die Hypothese bestätigt.

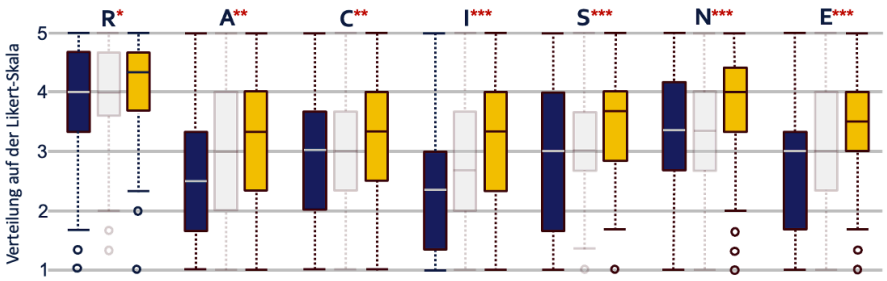
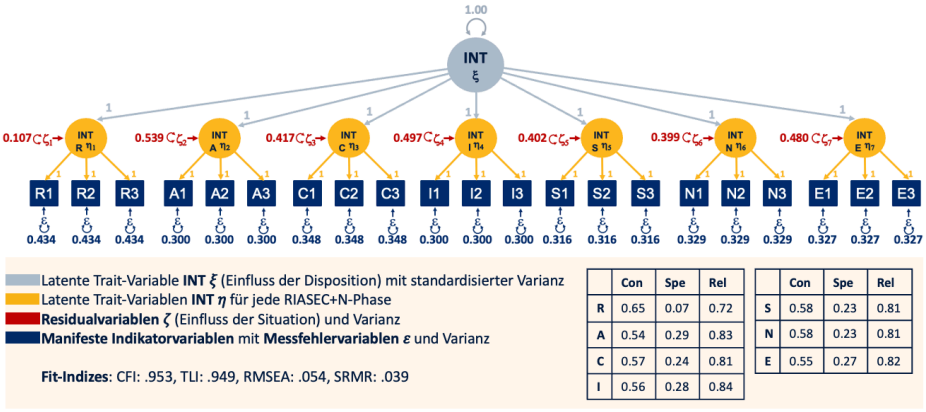


Abb. 1: *Interesse nach Aktivität (**R**ealistic, **A**rtistic, **C**onventional, **I**nvestigative, **S**ocial, **N**etworking, **E**nterprising) und Interessensgruppe (**niedriges**, mittleres und **hohes** Sach- und Fachinteresse in Chemie), erhoben über die Subskala zu Interesse/Vergnügen (.80 ≤ **α** ≤.88) aus KIM (Wilde et al., 2009). Sterne geben Signifikanz von Unterschied zwischen Hoch- und Niedriginteressierten gemäß Kruskal-Wallis-Test an (* p < .05, ** p < .01, *** p < .001).*

Forschungsfrage 2: Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der Heterogenität der Aktivitäten im Schülerlabor wird erwartet, dass der situativ bedingte Einfluss auf die Varianz der Interessensmessungen überwiegen würde (Knogler et al., 2015). Zur Untersuchung dieser Frage wandten wir die Latent-State-Trait-Theorie als Erweiterung der klassischen Testtheorie an (Geiser et al., 2013). Hierbei wird der beobachtete Variablenwert als Zusammensetzung von Trait-Anteil (personenspezifischer Einfluss auf die Messung, Konsistenz), State-Anteil (Einfluss der situationsspezifischen Faktoren, Situationsspezifität) und Messfehler betrachtet. Für die Latent-State-Trait-Analyse wurde ein Multistate-Singletrait-Modell unter Zuhilfenahme des Pakets *lavaan* in R entwickelt, das in Abbildung 2 inklusive Kennzahlen dargestellt wird. Der Modellfit wurde im zweiten Schritt mit Fokus auf die praxisrelevanten Indizes (Schermelleh-Engel et al., 2003) überprüft und als zufriedenstellend (Hu & Bentler, 2009) bewertet. Im dritten Schritt (Varianzdekomposition) quantifizierten wir den Anteil der Varianz in den Messungen, der auf die Person (per Konsistenzkoeffizient *Con*) und die Situation (per Spezifitätskoeffizient *Spe*) zurückzuführen war. Die Ergebnisse zeigen, dass der Konsistenzkoeffizient in allen Phasen höher ausfällt als der Spezifitätskoeffizient. Dies bedeutet, dass der Einfluss der Disposition während aller Messungen stärker ausgeprägt war als der Einfluss der Situation, was die aufgestellte Vermutung nicht bestätigt. Interessanterweise wiesen die Messungen in der Phase *Realistic* einen besonders geringen State-Einfluss (*Spe* = 0.07) auf. Dies könnte darauf hinweisen, dass bei der ersten Messung noch keine Vergleichsmöglichkeiten vorhanden waren, und die Schüler:innen sich stärker auf ihre eigene Disposition beim Ranking stützen mussten.



	Con	Spe	Rel
R	0.65	0.07	0.72
A	0.54	0.29	0.83
C	0.57	0.24	0.81
I	0.56	0.28	0.84

	Con	Spe	Rel
S	0.58	0.23	0.81
N	0.58	0.23	0.81
E	0.55	0.27	0.82

Abb. 2: *Latent-State-Trait-Modell für die RIASEC+N-Aktivitäten und die zugehörigen Konsistenzkoeffizienten Con und Spezifitätskoeffizienten Spe. Die Kovarianzpfeile zwischen den Aktivitäten wurden aufgrund der Übersichtlichkeit weggelassen.*

Limitationen und Ausblick

Da die Messungen auf Selbstauskünften der Schüler:innen beruhen, können generelle Rating-Tendenzen die gemessenen Werte konfundieren. Des Weiteren könnte die Wahl des durchgeführten Versuchs während der Rankings eine Rolle spielen. Basierend auf den qualitativen und quantitativen Daten planen wir eine anschließende Studie im explanativen, sequenziellen Mixed Methods Design, um die Quellen des Interesses bei den Aktivitäten näher zu beleuchten. Dies ist von Bedeutung, da Hinweise darauf vorliegen, dass Interessenstrigger für hoch- und niedriginteressierte Schüler:innen unterschiedlich sein könnten, was die Notwendigkeit einer entsprechenden Schwerpunktsetzung im Design von Lernumgebungen zur Folge hat (Renninger & Bachrach, 2015).

Literatur

Bergin, D. A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist, 34*(2), 87–98.

Blankenburg, J., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (245-259). Berlin, Heidelberg: Springer.

Blankenburg, J.S., Höffler, T.N., & Parchmann, I. (2016). Fostering Today What is Needed Tomorrow: Investigating Students' Interest in Science. *Science Education, 100*, 364-391.

Csikszentmihalyi, M., & Larson, R. (2014). Validity and Reliability of the Experience-Sampling Method. In *Flow and the Foundations of Positive Psychology* (35-54). Springer.

Dierks, P., Höffler, T., Blankenburg, J., Peters, H., & Parchmann, I. (2016). Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests, *International Journal of Science Education*, 38:2, 238-258.

Fechner, S. (2009). *Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education*. Berlin: Logos Verlag.

Geiser, C., Lockhart, G., & Eid, M. (2013). On the meaning and measurement of conceptual variables in the health sciences: An illustration and novel strategy based on trait-state models. *Journal of Aging and Health, 25*(4), 547–568.

Habig, S., Blankenburg, J., van Vorst, H., Fechner, S., Parchmann, I., & Sumfleth, E. (2018). Context characteristics and their effects on students' situational interest in chemistry. *International Journal of Science Education, 40*(10), 1154–1175.

Hu, L., & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 6*(1), 1-55.

Kelava, A., Schermelleh-Engel, K., & Mayer, A. (2020). Latent-State-Trait-Theorie (LST-Theorie). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3. Auflage). Heidelberg: Springer.

Knogler, M., Harackiewicz, J., Gegenfurtner, A., & Lewalter, D. (2015). How situational is situational interest? Investigating the longitudinal structure of situational interest. *Contemporary Educational Psychology, 43*, 39-50.

Köller, O., Steffensky, M., Ebner, R., Gokus, S., Lange, T., André, J., & Stork, C. (2020). *MINT Nachwuchsbarometer 2020*. München, Hamburg: acatech, Körber-Stiftung.

Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessensforschung* (297-330). Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 44*(3), 185-201.

Renninger, K. A., & Bachrach, J. E. (2015). Studying Triggers for Interest and Engagement Using Observational Methods. *Educational Psychologist, 50*(1), 58-69.

Renninger, K. A., & Hidi, S. (2011). Revisiting the Conceptualization, Measurement, and Generation of Interest. *Educational Psychologist, 46*(3), 168-184.

Rotgans, J.I., & Schmidt, H. G. (2018). How individual interest influences situational interest and how both are related to knowledge acquisition. *The Journal of Educational Research, 111*(5), 530-540.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online, 8*(2), 23-74.

Steyer, R., Schmitt, M., & Eid, M. (1999). Latent state-trait theory and research in personality and individual differences. *European Journal of Personality, 13*(5), 389-408.

Tillmann, J., & Wegner, C. (2021). Weiterentwicklung eines klassischen Schülerlabors – Darstellung des aktuellen Forschungsstandes. *Progress in Science Education (PriSE), 4*(2), 5-39.

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15*, 31-45.

Sebastian Nell RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Interessenförderung zur Quantenphysik in einem Nebenfach-Praktikum Physik

Einleitung

Für eine kompetitive Forschung zu aktuell relevanten Themen sind neben finanziellen Mitteln auch immer Personen notwendig, die entsprechende Forschungsaktivitäten kompetent betreiben können. Im Bereich Quantenphysik und Quantentechnologien möchte das Schülerlabor Physik der RWTH Aachen, SCIphyLAB[i], eine Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler (SuS) bieten, sich intensiver mit diesem Themenfeld auseinanderzusetzen. Das Schülerlabor entwickelt daher gemeinsam mit dem Exzellenzcluster Matter and Light for Quantum Computing, ML4Q[ii], Schülerversuche zu ausgewählten Experimenten der Quantenphysik. Diese Versuche sollen insbesondere von SuS aus Leistungskursen Physik der Städteregion Aachen durchgeführt werden und ihnen einen experimentellen Zugang zur Quantenphysik ermöglichen. Zudem werden diese Versuche an der RWTH Aachen in Physikalischen Praktika für Studierende mit Nebenfach Physik eingesetzt. Ziel ist es, das Interesse der Studierenden am Inhaltsfeld Quantenphysik zu fördern, grundlegende Phänomene der Quantenphysik inhaltlich aufzubereiten und erste Einblicke in aktuelle Forschung zu liefern. Dieser Beitrag beschreibt die Rahmenbedingungen dieser Interessenförderung sowie das Design der Intervention und stellt exemplarische Ergebnisse zu einer Leitfrage der angeschlossenen Studie vor.

Rahmenbedingungen der Interessenförderung

An der RWTH Aachen sieht der Studienverlaufsplan für verschiedene Fächer, unter anderem Chemie und Materialwissenschaften, ein Physik-Modul als Pflichtveranstaltung vor, welches aus zwei Vorlesungen und einem physikalischen Praktikum besteht. Das physikalische Praktikum, in dem die Interessenförderung zur Quantenphysik stattfindet, ist als klassisches Versuchspraktikum nach Westphal (vgl. Westphal, 1970) konzipiert, wobei die Studierenden nach einem einführenden Versuch V0 im Verlauf des Semesters bis zu 12 Versuchstermine zu unterschiedlichen Themen zumeist der klassischen Physik besuchen. Dabei nehmen an dieser sog. Nebenfachveranstaltung Studierende mit einer teilweise großen Breite an Vorwissen und Motivation teil. Diese Heterogenität der Teilnehmenden ist gerade im physikalischen Praktikum eine Herausforderung. Für Studierende, denen das Praktikum schwerer fällt, werden deshalb diverse Hilfsmittel unter anderem im digitalen Lernraum zur Veranstaltung bereitgestellt. Die Interessenförderung indes richtet sich an Studierende, die …

- die methodischen Lernziele des Praktikums bereits früh im Semester erreichen und
- die motiviert sind, an einem alternativen inhaltlichen Angebot (zur Quantenphysik) teilzunehmen.

Die Interessenförderung wird daher unter zwei Leitfragen konzipiert:

1. Wie gelingt es, unter den Rahmenbedingungen eines Physik-Nebenfachpraktikums Studierende an Themen der modernen interdisziplinären physiknahen Forschung heranzuführen?
2. Inwiefern entwickelt sich während der Intervention das Interesse an Quantenphysik und Quantentechnologien bei Studierenden mit Nebenfach Physik?

In diesem Beitrag wird die zweite Leitfrage genauer betrachtet und es werden exemplarisch Ergebnisse hierzu vorgestellt.

Design der Intervention

Die Interessenförderung wird als freiwilliges Angebot für jeweils maximal 8 Studierende in den Physikalischen Praktika für Studierende der Chemie (im Wintersemester), Informatik (im Sommersemester) und Materialwissenschaften (im Sommersemester) durchgeführt. Die teilnehmenden Studierenden führen an den letzten sechs Terminen des Praktikums des normalen Praktikumsprogramms Versuche zu folgenden Inhalten durch:

- Linearer / eindimensionaler Potentialtopf (Analogieversuch mit Schallwellen)
- Tunneleffekt (Rastertunnelmikroskopie)
- Welle-Teilchen-Dualismus (Doppelspalt mit Photonen)
- Hong-Ou-Mandel-Effekt (Einzelphotonenexperiment)

Ergänzt werden die Versuche durch Laborführungen, die Einblicke in aktuelle physikalische Forschung zum Thema Quantentechnologien bieten.

Zur Untersuchung der zweiten Leitfrage werden folgende Erhebungsinstrumente genutzt:

- Die Studierenden, die teilnehmen wollen, schreiben einen kurzen Motivationstext, in dem sie darlegen, weshalb sie am Projekt teilnehmen möchten.
- Die Studierenden beantworten zu jedem Versuch kurz Vor- und Nachbereitungsfragen zur Relevanz der Versuche für sie persönlich und für die Quantenphysik im Allgemeinen.
- Die Studierenden nehmen nach Ende der Intervention an einem Interview teil, welches im nächsten Abschnitt genauer beschrieben wird.

Die beschriebene Interessenförderung wurde seit dem WS 22/23 mit verschiedenen Studierendengruppen inzwischen in vier Semestern durchgeführt, wobei bisher insgesamt 29 Studierende teilgenommen haben. Die Erhebungsinstrumente wurden in der oben beschriebenen Form in zwei Semestern eingesetzt, sodass ein vollständiger Datensatz für 16 Studierende vorliegt.

Design des Interviews

Zur Beantwortung von Leitfrage 2 sollen die folgenden fünf Untersuchungsfragen beantwortet werden:

- Inwiefern besteht vor der Projektdurchführung Interesse an Quantenphysik / Quantentechnologien?
- Worin bestand die anfängliche Motivation für die Teilnahme am Projekt?
- Wie verhält sich die Motivation der Studierenden während der Durchführung des Projekts?
- Wie blicken die Studierenden auf das Projekt zurück?
- Welche Perspektiven haben die Studierenden bzgl. der Arbeit an / mit Quantenphysik / Quantentechnologien in der Zukunft?

Diese Untersuchungsfragen werden auf Grundlage der pädagogischen Interessentheorie (u.a. Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, Krapp, 1992) und der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (u.a. Deci & Ryan, 1993) theoriegeleitet in Unterpunkten konkretisiert. Aus diesen Unterpunkten werden die Interviewfragen formuliert. Beispielsweise werden die Studierenden nach ihren Emotionen während der Durchführung des Praktikums gefragt, um die emotionale Komponente des Interesses während der Durchführung zu beleuchten: „Wie habt ihr euch beim Gedanken an den jeweils nächsten Praktikumstag gefühlt?“

Jeweils zwei Studierende, die während der Intervention die Versuche zusammen durchgeführt haben, nahmen auch gemeinsam am Interview teil. Die Interviews dauerten jeweils ca. eine Stunde. Die Transkription erfolgte nach einem einfachen Transkriptionssystem (vgl. Dresing & Pehl, 2015) und die Auswertung mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse nach Mayring (vgl. Mayring 2022). Im Folgenden sollen beispielhaft Ergebnisse für eine 8er-Gruppe von Studierenden der Chemie, die im WS 22/23 an der Intervention teilgenommen haben, präsentiert werden. Dafür werden zunächst exemplarisch zwei Studierende dieser Gruppe betrachtet.

Ergebnisse der Interviewauswertung

Die Studierenden, die hier „Adam" und „Barbara" genannt werden, studieren beide im dritten Semester des Bachelorstudiengangs Chemie an der RWTH Aachen. Adam besitzt ein etwas größeres Vorwissen zum Thema Quantenphysik als Barbara. Beide denken, dass sie ein gutes Niveau in Physik erreicht haben und äußern ein ausgeprägtes individuelles Interesse an der Quantenphysik. Dies spiegelt sich auch in ihrer Motivation zur Teilnahme an dem Projekt wider: Beide Studierende möchten neue Inhalte zur Quantenphysik lernen, sehen eine Zukunftsrelevanz des Themas und möchten außerdem auch an der Entwicklung des Projekts mitwirken. Adam äußert zudem, dass Quantenphysik nur schwer eigenständig lernbar ist, sodass er hofft, über das Projekt hier Unterstützung zu erhalten.

Die Studierenden beschreiben die Durchführung des Projekts im Sinne der *Basic Needs* (vgl. Deci & Ryan, 1993) als nahezu perfekt, sodass auch der Rückblick auf das Projekt entsprechend positiv ausfällt. Beide Studierende äußern, dass ihre Erwartungen erfüllt worden sind und eine aktive Beteiligung an der Entwicklung des Projekts möglich war. Adam äußert zudem, dass er sich nun zutraut, sich selbständig in Aspekte von quantenphysikalischen Aufgaben einzuarbeiten, wenn er diese Aufgaben lösen soll. Dies ist ein deutlicher Unterschied zu seiner zu Beginn des Interviews geäußerten Einschätzung, in der er seine Motivation zur Teilnahme erläutert. Ihre Zukunftsaussichten bzgl. der Quantenphysik beschreiben die Studierenden hingegen ambivalent, kennen Vertiefungsmöglichkeiten nur teilweise.

Zusammenfassend sind Adam und Barbara also zwei Studierende, die mit einem bereits anfänglich stark ausgeprägten individuellen Interesse am Projekt teilgenommen haben. Das Projekt hat ein aktualisiertes Interesse bei beiden Personen bewirkt und die intrinsische Motivation der Studierenden gefördert. Für andere Teilnehmende konnte hingegen aus den Äußerungen im Interview auf ein situationales Interesse am Projekt geschlossen werden. Verallgemeinernd konnte aber für alle Teilnehmenden der Gruppe eine Förderung der intrinsischen Motivation, die Wahrnehmung eines Wissenszuwachses (im Sinne der kognitiven Komponente des Interesses, vgl. Krapp, 1992) und teilweise die Zunahme von Selbstvertrauen bei der Arbeit in der Quantenphysik beobachtet werden. Auch gilt, dass das Projekt für alle Teilnehmenden als Orientierung zum Inhaltsfeld Quantenphysik diente, da es über die Laborführungen Zukunftsaussichten aufzeigte und für die Teilnehmenden eine Entscheidungshilfe bot, ob sie sich stärker mit diesem Inhaltsfeld beschäftigen möchten.

Ausblick

Im WS 23/24 und im SS 24 werden weitere Durchführungen des Projektes mit den entsprechenden Datenerhebungen erfolgen. Zusätzlich werden die Versuchsangebote und Testinstrumente weiterentwickelt. Es ist zudem geplant, die Nachhaltigkeit der beobachteten Einflüsse zu untersuchen.

Literatur

Deci, E., & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993) 2, S. 223 – 238.

Dresing, T., & Pehl, T. (2015). Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. 6. Auflage. Marburg: Eigenverlag.

Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992) 5, S. 747 – 770.

Mayring, P. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 13., überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz.

Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986) 2, S. 163 – 173.

Westphal, W. H. (1970). Physikalisches Praktikum (13. Aufl.). Braunschweig, Fried. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.

---

[i] https://sciphylab.de/

[ii] https://ml4q.de/

Florian Budimaier[1,2]
Martin Hopf[1]

[1]Universität Wien
[2]PH Wien

Emergente Phänomene im Physikunterricht am Beispiel des Teilchenmodels

Theoretischer Hintergrund

Schüler:innen haben meist große Schwierigkeiten emergente Phänomene, bei denen erst die kollektive Interaktion der Bestandteile die Eigenschaft des Ganzen ergibt, zu verstehen (Chi, 2005). Häufig tendieren sie dazu die Eigenschaften makroskopischer Gegenstände auf Atome und Moleküle zu übertragen (Albanese et al., 1997). Beispielsweise stellen Schüler:innen sich vor, dass die thermische Ausdehnung eines Stoffes durch eine Ausdehnung der Atome zustande kommt (Griffiths & Preston, 1992) oder dass sich die Atome in Festkörpern gar nicht bewegen (Boz, 2006). Chi et al. (2012) zufolge kommt diese Vorstellung dadurch zustande, dass Schüler:innen ein *direkt-kausales Schema* verwenden, um emergente Vorgänge in der Physik zu erklären. Direkt-kausale Zusammenhänge treten im Alltag häufig auf und sind den Lernenden daher vertraut, wogegen ihnen emergente Phänomene in der Regel unbekannt sind. Die Basis für das Verständnis des Teilchenmodells liegt daher im Verständnis einer *emergenten Ontologie*, deren Anwendung aber erst erlernt werden muss (Henderson et al., 2017).

Fragestellung

In Anbetracht der soeben skizzierten Lernschwierigkeiten wird in einem Design-Based Research (DBR) Projekt ein Lehr-Lern-Arrangement (LLA) zum Teilchenmodell entwickelt, das Vorstellungen von Schüler:innen gezielt berücksichtigt. Entsprechend der Zielvorgaben von DBR (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) geht es auch um den Gewinn theoretischer Erkenntnisse zum Lehren und Lernen des Teilchenmodells. Daraus abgeleitet ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1 *Welche Designprinzipien verbessern das Verständnis emergenter Phänomene im Kontext des Teilchenmodells?*

FF2 *Wie können themenspezifische Designprinzipen zum Teilchenmodell in der Entwicklung des Lehr-Lern-Arrangements angewandt werden?*

Methoden

Ausgangspunkt des DBR Projekts waren bereits beschriebene Lernschwierigkeiten von Schüler:innen im Kontext des Teilchenmodells. Daher wurden in einem ersten Schritt fachliche und fachdidaktische Aspekte des Themas recherchiert und daran anschließend zentrale Konzeptideen im Rahmen einer

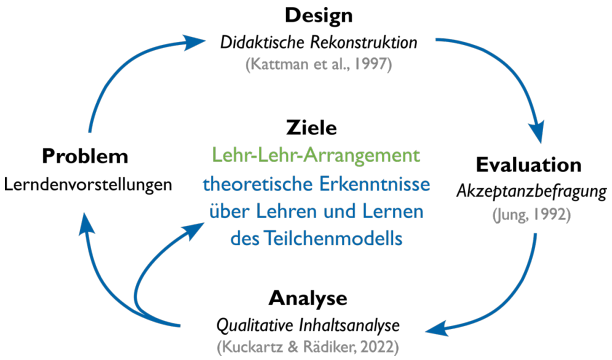


Abb. 1: Ablauf des DBR Projekts

didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) formuliert. Zudem konnten folgenden Designprinzipien aus der Literaturrecherche abgeleitet werden: Verwendung von Experimenten für die Einführung des Teilchenmodells (Harrison & Treagust, 2006), Kristallstrukturen als Kontext für die Einführung des Teilchenmodells (Franzbecker & Quast, 1975), Verwendung des Begriffs „Bausteine" anstatt „Teilchen" (Pfundt, 1981), Verwendung typografischer Darstellungen (Wiener et al., 2017) und Betonung der emergenten Eigenschaften des Teilchenmodells (Chi et al., 2012). Die Evaluierung der zentralen Konzeptideen erfolgte mittels Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992). Diese Methode kombiniert ein Micro-Teaching mit einem Interview und besteht aus folgenden vier Schritten: 1) Erklärung der zentralen Konzeptidee durch den Interviewenden, 2) Bewertung der Akzeptanz der zentralen Konzeptidee durch die Schüler:innen, 3) Paraphrase der Erklärung und 4) Lösen mindestens einer Aufgabe zur zentralen Konzeptidee. Diese vier Schritte wurden für alle zentralen Konzeptideen durchgeführt. Die Interviewdaten wurden mit evaluativer qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) ausgewertet. Dabei wurden die Antworten der Schüler:innen nach einem dreistufigen System kodiert. Für korrekte Antworten wurden zwei Punkte vergeben, für teilweise korrekte Antworten ein Punkt und für falsche Antworten null Punkte. Die Ergebnisse der Kodierung wurden in einer Matrix zusammengestellt, um weitere Schlüsse zu einzelnen Items zu ermöglichen. Darüber hinaus konnte aus den Mittelwerten der Kodierungen die Performanz der Schüler:innen ermittelt werden. Die Ergebnisse der Analyse wurden dem Re-Design der zentralen Konzeptideen und des Interviewleitfadens im nächsten Zyklus grundgelegt.

Ergebnisse

Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den gewählten Stichproben in den aufeinanderfolgenden Zyklen des DBR Projekts. Die letzte Spalte zeigt die Performanz, den durchschnittlichen Wert aller in diesem Zyklus vorgenommenen Kodierungen. Der dabei zu erreichende Maximalwert ist 2, was bedeuten würde, dass alle Schüler:innen jede Frage im Interview korrekt beantwortet hätten.

Zyklus	N	Schulstufe	Dauer der Interviews	Performanz
1	20	6. und 10.	15 - 25 min	**1,38**
2	18	8.	15 - 25 min	**1,70**
3	12	8.	35 - 40 min	**1,67**
4	10	8.	35 - 45 min	**1,79**

Tab. 1: Daten zu Stichprobe und Performanz in den einzelnen Zyklen des DBR Projekts

Im ersten Zyklus wurde vor allem dem Designprinzip „Verwendung von Experimenten für die Einführung des Teilchenmodells" Raum gegeben. Dabei hat sich jedoch gezeigt, dass Schüler:innen zum Teil große Schwierigkeiten hatten Zusammenhänge zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene in Experimenten zu erkennen (Budimaier & Hopf, 2022). Daher wurde ab dem zweiten Zyklus ein anderer Zugang, nämlich Kristallstrukturen, als Kontext für die Einführung des Teilchenmodells verwendet. Die Tatsache, dass zwischen den ersten beiden Zyklen der größte Sprung in der Performanz zu erkennen ist legt nahe, dass dieser Zugang besser geeignet ist, um Schüler:innen Zusammenhänge zwischen submikroskopischer und die makroskopischer Ebene zu vermitteln. Aufbauend auf dieser Erkenntnis konnte in den weiteren Zyklen des Projekts das Verständnis für emergente Vorgänge noch verbessert werden. Dies ist vor allem daran zu erkennen, dass Schüler:innen im vierten Zyklus kaum noch mit einem direkt-kausalen Schema

argumentieren. Typografische Darstellungen des Teilchenmodell wurden bereits im ersten Zyklus von mehr als der Hälfte der Schüler:innen gegenüber kugelförmigen und kontinuierlichen Darstellungen bevorzugt (Budimaier & Hopf, 2023). Dabei werden Atome und Moleküle anstatt als kleine Kugeln durch ihre Elementsymbole oder chemische Summenformel repräsentiert. Im LLA Atome und Moleküle nicht als Teilchen sondern als „Bausteine“ bezeichnet, da der Begriff Teilchen mehrdeutig ist. Die Ergebnisse der Studie zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen höherer Performanz und häufigerer Verwendung des Begriffs „Bausteine“ an Stelle von „Teilchen“. Ebenso steigt die Performanz, wenn weniger Schüler:innen ein direkt-kausales Schema verwenden (siehe Abb. 2).

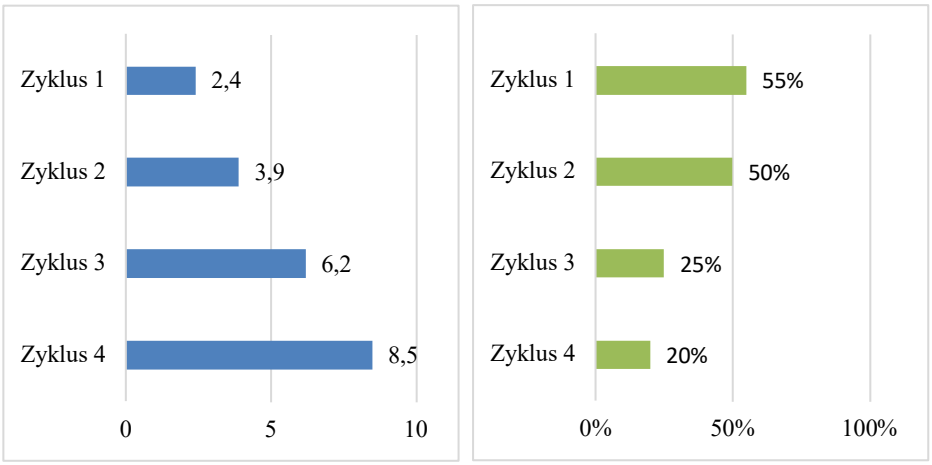


Abb. 2: Durchschnittliche Anzahl der Nennungen des Begriffs „Bausteine“ pro Schüler:in (links) und Prozentsatz der Schüler:innen, die ein direkt-kausales Schema anwenden (rechts) in den vier Zyklen des DBR Projekts

Diskussion und Ausblick

Im beschriebenen DBR Projekt wurde ein LLA zum Teilchenmodell entwickelt, mit insgesamt 60 Schüler:innen evaluiert und qualitativ ausgewertet. Die Aussagekraft der Schlussfolgerungen ist durch die eingeschränkte Stichprobe beschränkt. Vier der fünf aus der Literatur abgeleiteten Designprinzipien haben sich als erfolgversprechend für die Gestaltung des LLA erwiesen. Schüler:innen hatten Schwierigkeiten Zusammenhänge zwischen submikroskopischer und makroskopischer Ebene durch Experimente zu erkennen. Kristallstrukturen trugen jedoch in Zusammenhang mit typografischen Darstellungen, Emergenz und dem Begriff „Bausteine“ dazu bei das Verständnis dieser Zusammenhänge zu fördern.

Die Struktur des LLA folgt sieben zentralen Konzeptideen, welche schrittweise implementiert und evaluiert wurden. Basierend auf den zentralen Konzeptideen und den Designprinzipien werden in einem weiteren Schritt Unterrichtsmaterialien erstellt und in mehreren Schulklassen getestet. Ziel ist es die Übersetzung der Ergebnisse der Interviewstudie in ein reales Unterrichts-Setting im Sinne einer Machbarkeitsstudie zu überprüfen. Das Verständnis der zentralen Konzeptideen wird durch Fragebögen im Pre-Post Format erhoben. Des Weiteren sollten Schwierigkeiten bei der Umsetzung im Unterricht durch Interviews mit den unterrichtenden Lehrkräften erhoben werden.

Literaturverzeichnis

Albanese, A., Vicentini, M., Albanese, A. & Vicentini, M. (1997). Why do we believe that an atom is colourless? Reflections about the teaching of the particle model. *Science & Education*, *6*(3), 251–261. https://doi.org/10.1023/A:1017933500475

Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, *15*(2), 203. https://doi.org/10.1007/s10956-006-9003-9

Budimaier, F. & Hopf, M. (2022). Students' Ideas on Common Experiments About the Particulate Nature of Matter. *Journal of Baltic Science Education*, *21*(3), 381–397. https://doi.org/10.33225/jbse/jbse/22.21.381

Budimaier, F. & Hopf, M. (2023). Alternative Darstellungsformen des Teilchenmodells. In C. Fridrich, H. Knecht, P. Riegler & E. Süss-Stepancik (Hrsg.), *15. Forschungsperspektiven.*

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, *14*(2), 161–199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1

Chi, M. T. H., Roscoe, R. D., Slotta, J. D., Roy, M. & Chase, C. C. (2012). Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive science*, *36*(1), 1–61. https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01207.x

Franzbecker, W. & Quast, U. (1975). Entwicklung von Hypothesen und Modellen zum Aufbau der Materie im Physikunterricht der Sekundarstufe I. *Der Physikunterricht*, *9*(4), 43–50.

Griffiths, A. K. & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in science teaching*, *29*(6), 611–628. https://doi.org/10.1002/tea.3660290609

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Particles and matter: Problems in learning about the submicroscopic world. In H. Fischler (Hrsg.), *50. Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht* (S. 53–76). Logos-Verl.

Henderson, B., Langbeheim, E. & Chi, M. (2017). Addressing robust misconceptions through the ontological distinction between sequential and emergent processes. In T. Amin G. & O. Levrini (Hrsg.), *Converging perspectives on conceptual change: Mapping an emerging paradigm in the learning sciences.* Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315467139-5

Jung, W. (1992). Probing Acceptance: A technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & N. Hans (Hrsg.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies: Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991* (S. 278–295). Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *3*, 3–18.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse : Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz VerlagsgruppePreselect.media GmbH. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779955337 https://doi.org/Seite

Pfundt, H. (1981). Das Atom - letztes Teilstück oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. *Chimica didactica*, *7*(2), 75–94.

Wiener, G. J., Schmeling, S. M. & Hopf, M. (2017). Introducing 12 year-olds to elementary particles. *Physics Education*, *52*(4), 313–322. https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa6cfe

Paul Unger[1]
Karsten Rincke[1]

[1]Universität Regensburg

Vergleich hinführender und rückführender Verknüpfung des Vorwissens im Physikunterricht: erste Ergebnisse

Hinführung und Rückführung

Bei der Einführung neuer, aus der Fachtheorie konstruierbarer Inhalte im (Physik-)Unterricht kann eine hinführende oder rückführende Strukturierung gewählt werden. Unter Strukturierung sollen hierbei Maßnahmen zum Aufbau einer komplexen und geordneten Wissensstruktur bei der Planung von Unterrichtsabläufen verstanden werden (kognitionspsychologisches Verständnis von Strukturierung, vgl. Lipowsky, 2009). Unter Hinführung wird eine Konstruktion des neuen Fachinhaltes aus dem Vorwissen heraus verstanden (vgl. Krabbe, Zander & Fischer, 2015). Bei der Rückführung wird das neue Konzept vorgestellt und anschließend werden daran bekannte Elemente aus dem Vorwissen identifiziert (Unger & Rincke, 2023). Mit diesem Beitrag wird ein erster Vergleich der Wirkung hinführender und rückführender Strukturierung auf die kognitive Belastung vorgestellt.

Vorstellbare Auswirkungen

Im Projekt werden mögliche Wirkungen hin- und rückführender Strukturierungen auf den Lernerfolg (Maurer, 2016), das Interesse (Geller, 2015) und die kognitive Belastung (Leppink et al., 2013) untersucht. Zum aktuellen Zeitpunkt können Ergebnisse zum Wissensstand und zur kognitiven Belastung vorgestellt werden, weshalb auf eine Definition des Interesses an dieser Stelle verzichtet wird[1]. Die kognitive Belastung wird nach Sweller, van Merriënboer & Paas (1998) als Beanspruchung der Informationsverarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses definiert. Diese Verarbeitungskapazität ist begrenzt und wird beim Lernprozess sowohl mit der Verarbeitung der Komplexität des Lerninhaltes selbst belastet (*intrinsische* kognitive Belastung) als auch mit der Verarbeitung der Darstellung des Lerninhaltes (*extrinsische* kognitive Belastung). Die *lernbezogene* kognitive „Belastung“ wird sowohl als vermittelnde Funktion zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis interpretiert als auch als ressourcenzuteilende Funktion zwischen intrinsischer und extrinsischer kognitiver Belastung beschrieben (Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019). Hohe lernbezogene kognitive Belastung kann insofern als lernförderlich interpretiert werden, als dass viele Ressourcen der Verarbeitung der intrinsischen Belastung zugeteilt werden und die Übersetzung des Lerninhaltes in das Langzeitgedächtnis angesprochen wird.

Studiendesign und erste Datenauswertung

In Abbildung 1 sind der Aufbau der Stunde, die erhobenen Variablen sowie die Messzeitpunkte der Datenerhebung zu sehen. Es wurden je eine hinführende und eine rückführende Unterrichtseinheit zum Thema Transformator nach Basismodelltheorie strukturiert (Oser & Baeriswyl, 2001). Hierbei wurde das Basismodell Konzeptaufbau verwendet. Die Variation findet in der zweiten Stufe statt, wie in Abbildung 1 durch das offene Schloss angedeutet wird.

[1] Hierzu sei auf Berger (2000), Fechner (2009) und Habig (2017) verwiesen.

Stichwörter: Person-Gegenstands-Konzeption; wertbezogene und emotionale Valenz

Alle anderen Unterrichtsphasen wurden in beiden Stundenverläufen gleich gestaltet (geschlossenes Schloss). Die in Abbildung 1 dargestellten Variablen wurden mit folgenden Instrumenten erhoben: Individuelles und situationsbedingtes Interesse nach Fechner (2009) und Habig (2017), Schlüssigkeit des Unterrichtes und Wahrnehmung zum Versuchsleiter nach Trepke, Seidel & Dalehefte (2003). Die Items zum Vorwissen und zum Wissensstand über das Stundenthema Transformator wurden selbst erstellt und im Zuge einer Masterarbeit pilotiert (Unger & Rincke, 2023). Die kognitive Belastung wurde nach Theese et al. (2021) mittels eines Fragebogens gemessen, in welchem über die Selbstwahrnehmung der Schüler*innen bezüglich der Komplexität und Darstellung des vorgestellten Fachinhaltes sowie über die Lernerfahrung der Schüler*innen intrinsische, extrinsische und lernbezogene kognitive Belastung unmittelbar nach der vorgenommenen Variation bestimmt wurden. Die sprachliche Formulierung der Items wurde an das Stundenthema Transformator angepasst und der resultierende Fragebogen vor Beginn der Hauptstudie pilotiert (Unger & Rincke, 2023).

Abb. 1: Unterrichtsphasen nach 5-stufigem Basismodell Konzeptaufbau mit Messzeitpunkten

Aus der Studie gingen N = 189 ausgefüllte Fragebögen für die Datenauswertung hervor. Die Gruppen H (*Hinführung*; $N_H = 93$) und R (*Rückführung*; $N_R = 96$) setzten sich beinahe im Verhätlnis 1:1 aus Realschüler*innen ($n_{H\cap RS} = 52\%, n_{R\cap RS} = 54\%$) und Gymnasialschüler*innen ($n_{H\cap GYM} = 48\%, n_{R\cap GYM} = 43\%$) sowie im Verhältnis 1:2 aus männlichen ($n_{H\cap M} = 33\%, n_{R\cap M} = 29\%$) und weiblichen ($n_{H\cap W} = 62\%, n_{R\cap W} = 64\%$) Teilnehmenden zusammen. Im Folgenden wird die Stichprobe aufgeteilt nach starkem und schwachem Vorwissen untersucht. In den Gruppen H und R war kein Unterschied bezüglich des mittleren Vorwissensstandes innerhalb der Gruppe messbar (Mittelwerte ohne signifikantem Unterschied nahezu gleich: $\hat{x}_H(VW) \approx \hat{x}_R(VW)$), weshalb eine weitere Unterteilung der Gruppen in Teilgruppen mit starkem und schwachem Vorwissen vorgenommen wurde. Als Auswahlkriterium für eine Zuordnung wurde der Median der Gesamtstichprobenverteilung bezüglich der Messung „Vorwissen“ gewählt. Es lassen sich folgende Ergebnisse berrichten:

Die Punkteksala im Wissenstest reicht von 0 bis 48 Punkten. Im *Wissensstand* nach der Unterrichtseinheit zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der Gruppen H und R. Unterteilt man die Gruppen H und R in die Teilgruppen „hohes“ und „niedriges“ Vorwissen, so zeigte die Teilgruppe „hohes Vorwissen“ einen hoch signifikanten Unterschied ($\triangle \hat{x} = 2.8$) mit mittlerem Effekt[2] (Effektgröße d = .62) zugunsten der Gruppe R. In den Teilgruppen mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied zwischen Gruppe H und R.

[2] Unterteilung der Effektgröße d nach Cohen (1988), zitiert nach Rasch et al. (2010, S. 68): kleiner Effekt: $d \in [.20, .50)$, mittlerer Effekt $d \in [.50, .80)$, großer Effekt $d \geq .80$

Die kognitive Belastung wurde auf einer 6-Stufigen Skala von 0 bis 5 gemessen. Der Mittelwert der *extrinsischen kognitiven Belastung* (ECL) über die gesamten Stichprobe betrug 1.9 Punkte. Die ECL lag bei Unterteilung nach Gruppe H und R signifikant niedriger für Gruppe R ($\triangle \hat{x}_{CLex} = .4^{*}, d = .32$). Bei Unterteilung der Stichprobe nach hohem und niedrigem Vorwissen war sie signifikant höher für Lernende mit niedrigem Vorwissen ($\triangle \hat{x}_{CLex} = .7^{***}$, $d = .62$). Bildet man aus den Lernenden mit hohem und niedrigem Vorwissen Teilgruppen nach Zugehörigkeit zu Gruppe H und R, fiel auf, dass die ECL signifikant höher für Lernende mit hohem Wissen in Gruppe H ausfiel als für Lernende mit hohem Vorwissen in Gruppe R ($\triangle \hat{x}_{CLex} = .5^{*}, d = .49$). Für Lernende mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied bei Unterteilung in Teilgruppen nach H und R. Der Mittelwert der *intrinsischen kognitiven Belastung* (ICL) über die gesamten Stichprobe betrug 1.0 Punkte. Bei Unterteilung nach Gruppe H und R zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Bei Unterteilung der Stichprobe nach hohem und niedrigem Vorwissen lag die ICL signifikant höher für Lernende mit niedrigem Vorwissen ($\triangle \hat{x}_{CLin} = .3^{*}$, $d = .31$). Bildet man aus den Lernenden mit hohem und niedrigem Vorwissen wieder Teilgruppen nach Zugehörigkeit zu Gruppe H und R fiel auf, dass die ICL signifikant höher für Lernende mit hohem Wissen in Gruppe H ausfiel als für Lernende mit hohem Vorwissen in Gruppe R ($\triangle \hat{x}_{CLin} = .4^{*}, d = .56$). Für Lernende mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied bei Unterteilung in Teilgruppen nach H und R. Der Mittelwert *der lernbezogenen kognitiven Belastung* über die gesamten Stichprobe betrug 3.3 Punkte. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei Vergleich der Gruppen H und R, bie Vergleich der Gruppen hohes und niedriges Vorwissen sowie beim Vergleich der Teilgruppen niedriges und hohes Vorwissen der Gruppen H und R.

Erste Interpretation und weiteres Vorgehen

Maurer (2016) vermutet, dass bei unterschiedlicher Strukturierung die unterschiedliche Verknüpfung mit dem Vorwissen Einfluss auf das Lernen nimmt. In den vorgestellten Ergebnissen zeigte sich dieser mögliche Einfluss als Unterschied in der ECL zwischen den Gruppen Hin- und Rückführung. Eine Rückführung kann als kognitiv entlastender Teil der Darstellungsform des Lerninhaltes gedeutet werden. Erwartungskonform zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe H und R bezüglich ICL, war doch auch der Fachinhalt in seiner Komplexität in beiden Gruppen derselbe. Sweller et al. (2019) beschreiben im Modell der kognitiven Belastung, dass sich hohes Vorwissen reduzierend auf die ICL auswirkt. Die in diesem Beitrag vorgestellte Messung liefert ein erwartungskonformes Ergebnis, wenn auch mit kleinem Effekt. Dieser Effekt zeigte sich auch bei den Messwerten zur ECL. Ein möglicher Einfluss der Strukturierungsart scheint hier wahrscheinlich: Unterteilt man die Gruppen H und R nach Vorwissensstand der Lernenden, fällt auf, dass der gemessene Unterschied der ECL bei Lernenden mit hohem Vorwissen auftrat, während sich bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen kein Unterschied zwischen den Gruppen H und R zeigte. Gleiches ließ sich insbesondere bei der ICL beobachten. Hierzu muss jedoch berücksichtigt werden, dass durch das Messinstrument die *wahrgenommene* Komplexität des Fachinhaltes und der Darstellung desselbigen abgefragt wurden. Für dieses Beispiel lässt sich folgern, dass Lernende mit hohem Vorwissen einer Rückführung kognitiv leichter folgen können als einer Hinführung und der Fachinhalt bei einer Rückführung von diesen als weniger komplex wahrgenommen wird. Hervorzuheben ist, dass sich durch die Art der Strukturierung keine Unterschiede bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen hinsichtlich der kognitiven Belastung und des erreichten Wissensstandes zeigten. Mögliche Effekte auf die Interessantheit des Unterrichts sowie mögliche Korrelationen zwischen den erhobenen Variablen werden in einem nächsten Schritt untersucht.

Literatur

Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. Ein Weg zu interessantem Physikunterricht. Logos Verlag Berlin GmbH.

Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Logos Verlag Berlin GmbH.

Geller, C. (2015). Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. Logos Verlag Berlin GmbH.

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Logos Verlag Berlin GmbH.

Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung. Waxmann.

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behavior Research Methods, 45(4), 1058–1072. https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1

Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie, 73–101. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88573-3_4

Maurer, C. (2016). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Logos Verlag Berlin GmbH.

Oser, F., K., & Baeriswyl, F., J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction on learning. Handbook of Research on Teaching, 1031–1065.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2010). Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. (3., erw. Aufl, Bd. 1). Springer.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. Educational Psychology Review, 31(2), 261–292. doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. Educational Psychology Review, 10(3), 251–296. doi.org/10.1023/A:1022193728205

Theese, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. Frontiers in Education, 6, 705551. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.705551

Trepke, C., Seidel, T., & Dalehefte, I. M. (2003). Zielorientierung im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Hrsg.), Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“, 201–228, IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Unger, P., Karsten, R. (2023) Vergleich hinführender und rückführender Strukturierungen im Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt, 714-717. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Tanja Mutschler[1]
Stefan Sorge[2]
David Buschhüter[3]
Christoph Kulgemeyer[4]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]IPN Kiel
[3]Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
[4]Universität Bremen

Am Beispiel lernen: Der Einfluss der Strukturfolge auf den Lernerfolg

Hintergrund

Dass Beispiele für das Lernen neuer (physikalischer) Konzepte höchst bedeutsam sind, ist lerntheoretischer Konsens (Fischer et al., 2003). Durch ihre Verankerung in der Erfahrungswelt der Schüler*innen ermöglichen sie eine Anknüpfung an bestehende Wissensnetze (Kalyuga et al., 2010; Kircher et al., 2015; Schecker et al., 2018) und bilden so die Basis für den Erwerb von transferfähigem Wissen. Eine Auswahl angemessener Beispiele kann sich gleichermaßen positiv auf das Interesse bzw. die empfundene Interessantheit sowie die Motivation von Schülerinnen und Schülern auswirken und so den Verstehensprozess nachhaltig unterstützen (Muckenfuß, 1995; Habig et al., 2018). Obwohl sich Forschende darüber einig sind, *dass* Beispiele notwendig für das Lernen neuer Konzepte sind, so uneindeutig ist die theoretische und empirische Befundlage darüber, *wo* die optimale Position innerhalb der Strukturfolge ist. Lerntheoretische Zugänge wie die Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl, 2001) oder der concreteness fading approach (Fyfe et al., 2014) sehen die Einführung komplexer Konzepte anhand eines konkreten Beispiels, das dann (schrittweise) in die abstraktere Allgemeinform überführt wird, überlegen, führen aber nur indirekte Belege für ihr präferiertes Vorgehen an. Der Vergleich empirischer Studien ist zwar durch deren Verwendung unterschiedlicher Konstrukte und Designs erschwert, es deuten sich aber zwei Richtungen an: (i) die unterschiedlichen Strukturfolgen (Beispiel-Regel, Regel-Beispiel bzw. konkret-abstrakt, abstrakt-konkret) unterscheiden sich nicht in ihrer Effektivität für den Lernerfolg (Tomlinson & Hunt, 1971; Van Hout & Mettes, 1976; Jaakkola & Veermans, 2018; Kokkonen et al. 2022), (ii) das Vorgehen Regel-Beispiel zeigt sich überlegen (Seidel et al., 2013; Johnson et al., 2014[1]) – besonders für leistungsschwächere Schüler*innen durch den höheren Grad an Vorstrukturierung (Tomlinson & Hunt, 1971). Physiknahe Studien stützen mehrheitlich das Ergebnis, dass keine Strukturfolge der anderen überlegen ist (Kokkonen et al., 2022; Jaakkola & Veermans, 2018; Johnson et al. 2014). Inhaltlich waren die bisher durchgeführten Studien im Bereich der Physik aber immer im Kontext der Elektrodynamik verankert, sodass ein Übertrag der Studienergebnisse auf andere physikalische Kontexte erst noch zu überprüfen ist. Ausgehend von der Relevanz der Newtonschen Mechanik für die physikalische Grundbildung von Schüler*innen und den hervorgehobenen Schwierigkeiten beim Erlernen des Wechselwirkungsgesetzes (WWG) (Wilhelm & Heuer, 2005; Savinainen & Scott, 2002) sowie der unklaren Befundlage bezogen auf eine präferierte Strukturfolge werfen wir die folgenden Forschungsfragen auf:

[1] Die Autor*innen können Regel-Beispiel als überlegene Strukturfolge für den Nahtransfer ausweisen. Für den Ferntransfer zeigen sich in der Studie beide Strukturfolgen gleich effektiv.

FF1: Inwieweit ist die eine Strukturfolge (Beispiel-Regel, Regel-Beispiel) der anderen beim Erlernen des WWG bezüglich des Lernerfolgs überlegen?
FF2: Inwieweit beeinflusst innerhalb dieses Themengebiets das Vorwissen den Zusammenhang zwischen Strukturfolge und Lernerfolg?

Design
Kernstück der Studie stellen zwei identische Lernvideos zum WWG dar, bei denen die Positionierung des Beispiels innerhalb der Strukturfolge variiert wurde (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** 1). Die Videos folgen den Qualitätskriterien guter Erklärvideos (Kulgemeyer, 2018), berücksichtigen typische Lernendenvorstellungen zur Newtonschen Mechanik (Schecker et al., 2018) und haben durch die Ergänzung einer geführten Anwendungs- und Transferphase eine Länge von circa 25 Minuten. Bei der Auswahl des prototypischen Beispiels und der Darstellung des allgemeinen Konzepts wurde darauf geachtet, die von Bao und Fritchmann (2021) herausgearbeiteten Schlüsselelemente (z.B. Gleichzeitigkeit von Aktion/ Reaktion, Gleichartigkeit der Kräfte, keine *verursachende* Kraft) aufzuzeigen. Die Einhaltung der Qualitätskriterien sowie die adressaten- und curriculumsgerechte Passung an die Jahrgangsstufe 9/10 wurde durch eine Interviewstudie mit Lehrkräften (Börner,

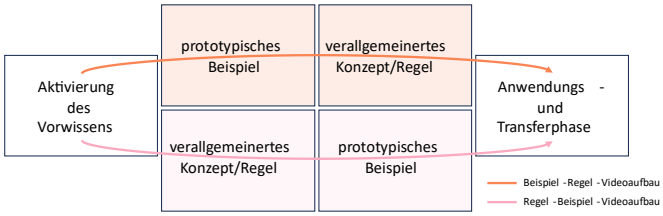


Abbildung 1 - Aufbau und Strukturfolge der beiden Lernvideos

2021) überprüft.
Die Lernvideos wurden mit Hilfe der Plattform *limesurvey* online zugänglich gemacht und in eine Prä-Post-Testung eingebettet. In dieser werden allgemeine Inhalte der Mechanik als Vorwissen und das Wissen zum WWG im Post-Test (u.a. Hestenes et al., 1992) erhoben. Um mögliche Filtervariablen auf Schüler*innenseite, die Einfluss auf das Lernen nehmen können (Kunter & Trautwein, 2013), zu erfassen, haben wir ebenfalls Fragen zum Fachinteresse, zur Motivation sowie zur empfundenen Strukturiertheit in das Instrument integriert (Berger, 2000; Deci & Ryan, 2003; Maurer 2016). Die Cronbachs Alpha-Werte für die fachwissensbezogenen Items liegen zwischen $\boldsymbol{\alpha} = 0.66$ für das Vorwissen und $\boldsymbol{\alpha} = 0.69$ für das Wissen zum WWG und sind damit akzeptabel. Für die nicht-kognitiven Konstrukte erreichen wir Werte zwischen $\boldsymbol{\alpha} = 0.71$ und $\boldsymbol{\alpha} = 0.96$ und befinden uns damit im guten bis exzellenten Bereich. Die Dauer der Durchführung mit Instruktion, Lerneinheit und Testung entspricht genau einer Doppelstunde, sodass Lehrkräfte unsere Einheit als Alternative zum eigenen Unterricht einsetzen konnten. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte klassenweise.
An der Studie nahmen 399 Schüler*innen aus weiterführenden Schulen in Brandenburg und Bremen teil. Nach Abzug der Personen, die das Instrument nicht bis zum Ende durchlaufen haben, umfasst die finale Stichprobe 258 Teilnehmende (77% Gymnasium, 12% Haupt-, Realschule, 11% Gesamtschule). Eine Überprüfung der Vorwissensleistung des Drop-Outs ergab, dass kein signifikanter Unterschied ($p = 0.85$) zu den Personen, die das Instrument abgeschlossen haben, festgestellt werden konnte. Damit liegt keine Positivauswahl vor. Die

Teilnehmenden teilen sich annähernd gleich auf die beiden Gruppen (Beispiel-Regel: N = 135, Regel-Beispiel: N = 123) auf.

Ergebnisse

Die Prüfung der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) ergab, dass diese weder beim Vorwissen noch beim Lernzuwachs zum WWG vorliegt. Für die folgenden Mittelwertevergleiche wurde deswegen der Mann-Whitney-U-Test angewendet. In Bezug auf das Vorwissen unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht signifikant ($U = 8219$, $p = 0.89$), sodass von einer für die Beantwortung der Forschungsfragen relevante Vergleichbarkeit beider Gruppen ausgegangen wird. Die Auswertung des Post-Tests über alle Personen legt mit $M = 4.91$ ($SD = 2.83$) bei 13 möglichen Punkten einen eher geringen Mittelwert für den Lernzuwachs zum WWG offen, der nah an der Ratewahrscheinlichkeit ist. Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt keinen signifikanten Unterschied zugunsten einer Strukturfolge ($Md_{BR} = 5$, $Md_{RB} = 4$, $U = 7314$, $Z = -1.66$, $p = 0.10$). Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage unterteilten wir unsere Stichprobe auf Basis der Vorwissensleistung in leistungsschwache, durchschnittliche und leistungsstarke Schüler*innen. Für die leistungsschwachen Schüler*innen ($N = 37$) deutet sich aber ebenfalls kein Effekt zugunsten einer Strukturfolge an ($Md_{BR} = 3$, $Md_{RB} = 3$, $U = 213$, $Z = -1.42$, $p = 0.18$).

Um den Einfluss des Vorwissens auf den Effekt zwischen Strukturfolge und Lernzuwachs weiter zu überprüfen, führten wir eine Moderationsanalyse durch. Diese zeigt zwar, dass das Vorwissen als Faktor allein signifikant wird ($p < 0.01$), nicht aber der Interaktionsterm Vorwissen x Strukturfolge ($p = 0.11$). Das Modell weist mit $R^2 = 0.19$ eine moderate Varianzaufklärung auf und wird als Ganzes signifikant ($F(3, 260) = 19.82$, $p < 0.01$), diese Parameter sind vor allem aber auf den Zusammenhang zwischen Vorwissen und Wissen zum WWG zurückzuführen. Korrelationsanalysen zwischen dem Wissen zum WWG und den nicht-kognitiven Konstrukten zeigen, dass das Fachinteresse ($r = 0.16$, $p = 0.01$) und die wahrgenommene Strukturiertheit ($r = 0.14$, $p = 0.02$) positiv und die Empfindung von Pressure/ Tension ($r = -0.31$, $p < 0.01$) negativ mit dem Wissen zum WWG zusammenhängen.

Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen zusammengefasst, dass der Lernerfolg stark vom Vorwissen der Lernenden abhängt und sich die Konstrukte Fachinteresse, empfundene Strukturiertheit, sowie die Abwesenheit von Druck/Anspannung dabei positiv auf diesen auswirken. Für das Erlernen des WWG innerhalb unserer Einheit zeigen sich beide Strukturfolgen (Beispiel-Regel, Regel-Beispiel) gleich effektiv. Damit reiht sich die vorliegende Studie in die empirische Befundlage physiknaher (Kokkonen et al., 2022; Jaakkola & Veermans, 2018; Johnson et al. 2014) und disziplinferner (Kaminski et al, 2008; Van Hout & Mettes, 1976; Tomlinson & Hunt, 1971) Studien ein, die ebenfalls keinen (bzw. nur eingeschränkt) hervorgehobenen Effekt für eine Strukturfolge feststellen konnten. Als Erweiterung zu Kokkonen et al. (2022), Jaakkola und Veermans (2018) sowie Johnson et al. (2014), die den Einfluss der Strukturfolge bei der Vermittlung elektrodynamischer Inhalte untersuchten, können wir dieses Ergebnis nun auch in einem anderen physikalischen Kontext, der Newtonschen Mechanik, festhalten. Limitierend wirkt hier jedoch der geringe Mittelwert beim Lernzuwachs zum WWG. Folgend Bao und Fritchman (2021) ist anzunehmen, dass Fehlvorstellungen auch nach der halbstündigen Lerneinheit bei den Schüler*innen präsent waren und sich in der Auswahl attraktiver Distraktoren zeigten. Mögliche Effekte könnten so vor allem bei leistungsschwächeren Schüler*innen

verwischt worden sein. Nachfolgende Studien sollten daher diese hervorgehobene Rolle sowohl in ihrer Stichprobenzusammensetzung als auch in der Instrumententwicklung beachten sowie in längeren Interventionsstudien überprüfen.

Literatur

Bao, L. & Fritchman, J.C. (2021). Knowledge integration in student learning of Newton's third law: Addressing the action-reaction language and the implied causality. Physical Review Physics Education Research 17, 020116.

Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht. Berlin: Logos.

Börner, H. (2021). Qualitätskriterien für Lernvideos – eine qualitative Analyse zweier Lernvideos zum Newton'schen Wechselwirkungsgesetz. Potsdam: Universität Potsdam.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/

Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. ZfdN 9, 179–208 .

Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y., & Goldstone, R. L. (2014). Concreteness fading in mathematics and science instruction: A systematic review. Educational Psychology Review, 26(1), 9–25.

Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schüler. ZfDN 24, 99–114.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 141-158.

Jaakkola, T., Veermans, K. (2018). Exploring the effects of concreteness fading across grades in elementary school science education. Instr Sci 46, 185–207. https://doi.org/10.1007/s11251-017-9428-y

Johnson, A. M., Reisslein, J. & Reisslein, M. (2014). Representation sequencing in computer-based engineering education. Computers & Education 72, 249-261. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.010

Kalyuga, S., Renkl, A. & Paas, F. (2010). Facilitating Flexible Problem Solving: A Cognitive Load Perspective. Educ Psychol Rev 22, 175–186.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). Physikdidaktik: Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer.

Kokkonen, T., Lichtenberger, A. & Schalk, L. (2022). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. Learning and Instruction, https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524.

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education 50, 2441-2462.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Schöningh.

Maurer, C. (2016). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Berlin: Logos.

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen.

Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Eds.), Handbook of Research on Teaching. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065.

Savinainen, A. & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. Physics Education 37(1), 53-58.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer.

Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. Teaching and Teacher Education 34, 56–65.

Tomlinson, P. D., & Hunt, D. E. (1971). Differential effects of rule-example order as a function of learner conceptual level. Canadian Journal of Behavioural Science, 3(3), 237e245. http://dx.doi.org/10.1037/h0082265.

Wilhelm, T. & Heuer, D. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory" in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin 2005.

Lisa Stinken-Rösner[1] [1]Universität Bielefeld
Daniel Laumann[2] [2]Universität Münster

Messung der Einstellungen von Lernenden zu Experimenten im Unterricht

Einleitung

Empirische Untersuchungen zeigen, dass sich im Verlauf der Mittel- und Oberstufe sowohl das Interesse von Lernenden als auch die Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern negativ entwickeln (George, 2000; Potvin & Hasni, 2014). Einstellungen werden dabei als erfahrungsbasierte Reaktion gegenüber einem Einstellungsobjekt beschrieben und im Sinne des „ABC model of attitudes" als dreidimensionales Konstrukt definiert. Dieses umfasst affektive Einstellungen („affective" – EA), verhaltensbezogene Einstellungen („behavioral" – EB) und kognitive Einstellungen („cognitive" – EC; Breckler, 1984; Millar & Tesser, 1989). Für Einstellungen im Sinn dieser Definition ist weiterhin bekannt, dass diese das Engagement von Lernenden unmittelbar beeinflussen können (Trumper, 2006). Folglich lassen sich die geringen Belegungszahlen und Wahlentscheidungen gegen naturwissenschaftliche Fächer, insbesondere gegen das Fach Physik, auch auf die negativen Einstellungen der Lernenden zurückführen (z.B. Köller & Klieme, 2000). Um jedoch möglichst vielen Lernenden ein Mindestmaß an naturwissenschaftlicher Grundbildung (Scientific Literacy) zu vermitteln (Fensham, 2007), erscheint es notwendig „to identify those aspects of science teaching that make school science engaging for pupils" (Osborne, Simon, & Collins, 2003, p. 1049).

Forschungsstand

Eine Meta-Analyse zu Einstellungen der Lernenden zeigt, dass diese durch Variablen seitens der Lernenden selbst, der Lehrenden sowie der Lehr-Lernumgebung beeinflusst werden (Haladyna, Olsen, & Shaughnessy, 1982). Hinsichtlich Einflüssen der Lehr-Lernumgebung deuten unterschiedliche Untersuchungen an, dass der Einbezug vielfältiger Instruktionsmethoden die Einstellungen von Lernenden gegenüber den Naturwissenschaften positiv beeinflussen kann (Myers & Fout, 1992; Piburn & Baker, 1993). Dabei scheinen bisherige Studien jedoch nur in Ansätzen die Wahrnehmung spezifischer Lehr-Lernaktivitäten durch die Lernenden zu analysieren. So werden bisher die Einstellungen von Lernenden im Hinblick auf Lehr-Lernaktivitäten im Physikunterricht u.a. auf Lernformen, wie Gruppenarbeit, oder auf Medien, wie Arbeitsblätter, bezogen (Owen, Dickson, Stanisstreet, & Boyes, 2008). Mit Blick auf den Physikunterricht liegen jedoch keine Erkenntnisse darüber vor, welche Einstellungen Lernende gegenüber dem Experiment als zentralem Unterrichtsmedium aufweisen und wie diese Einstellungen wiederum die Einstellungen gegenüber dem Unterrichtsfach Physik beeinflussen. Während in anderen Fächern und mit Blick auf andere Einstellungsobjekte entsprechende Instrument entwickelt wurden, u.a. Einstellungen gegenüber Technologie zum Lernen von Mathematik (Fogarty, Cretchley, Harman, Ellerton, & Konki, 2001), existieren keine Instrumente zur Messung der Einstellungen von Lernenden gegenüber Experimenten als Unterrichtsmedium.

Forschungsfragen

Um untersuchen zu können, inwiefern sich Einstellungen gegenüber Physik als Unterrichtsfach in Zusammenhang mit Einstellungen von Lernenden gegenüber Experimenten

als einem zentralen Medium des Physikunterrichts stehen, erscheint es zunächst notwendig, ein entsprechendes Messinstrument zu entwickeln. Damit ergibt sich folgende Forschungsfrage für die vorliegende Untersuchung: Wie lassen sich die Einstellungen von Lernenden gegenüber Experimenten als Medium im Physikunterricht messen?

Methode

Die Entwicklung eines Instruments zur Messung von Einstellungen gegenüber Experimenten als Medium im Physikunterricht in Form eines Fragebogens umfasste sowohl die initiale Entwicklung von Items (Studie 1) sowie nachfolgend die Auswahl geeigneter Items (Studie 2).

In Studie 1 wurden zunächst Items für die drei Dimensionen des Einstellungskonstrukts in strukturähnlichen Instrumenten anderer Fächer und Einstellungsobjekte ausgewählt und adapiert (MTAS: Pierce, Stacey, & Barkatsas, 2007; MTech: Fogarty et al., 2001; E-CLASS: Zwickl et al., 2014). Beispielhaft können folgende Items genannt werden:

- *Affektiv:* „Der Physikunterricht ist spannender, wenn wir mit Experimenten arbeiten."
- *Verhaltensbezogen:* „Im Physikunterricht möchte ich Experimente direkt ausprobieren."
- *Kognitiv:* „Durch Experimente wird der Physikunterricht verständlicher."

Die insgesamt 24 entwickelten Items, deren Erhebung auf einer 6-stufigen Likert-Skala erfolgte und die anteilsmäßig gleich den drei Einstellungsdimensionen zuzuordnen waren, wurden nachfolgend empirisch analysiert. Dazu wurden Daten von $N = 262$ Lernenden im Physikunterricht für sämtliche Items erhoben (Alter; $M(SD) = 14.28(1.02)$) Zur Prüfung der theoretischen Struktur und als Grundlage für die Reliabilitätsprüfung wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Zur Validitätsprüfung wurde das Verfahren der konsensuellen Validierung (Bortz & Döring, 2007) gewählt und als Expert*innenbefragung realisiert.

In Studie 2 erfolgte eine Auswahl von Items sowie eine Überarbeitung des Fragebogens auf Grundlage empirischer Befunde der Reliabilitäts- und Validitätsprüfung. Auf Grundlage der Daten von $N = 390$ Lernenden (Alter: $M(SD) = 13.95(1.81)$) wurde wiederum zur Überprüfung der theoretischen Struktur sowie als Grundlage für eine Reliabilitätsprüfung eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt.

Ergebnisse & Diskussion

Die Ergebnisse für Studie 1 ergaben für die explorative Faktorenanalyse (Varimax-Rotation; $KMO = .915$, Bartlett-Test: $\chi^2(153) = 2118.37$, $p < .001$) zunächst eine 4-Faktor-Lösung. Dabei erfolgte die Entscheidung unter Berücksichtigung des Kaiser-Guttmann-Kriteriums sowie Betrachtung der rotierten Komponentenmatrix (gegen den Screeplot). Die auf Faktor 1 ladenden Items (8 Items, Faktorladungen .555 bis .733) lassen sich den beiden Dimensionen EA und EB zuordnen. Auch die auf Faktor 2 ladenden Items (5 Items, Faktorladungen .543 bis .795) gehören zu den Dimensionen EA und EB. Die beiden Faktoren unterscheiden sich jedoch dadurch, dass auf Faktor 1 (mit einer Ausnahme) ausschließlich positiv formulierte Items laden, während auf Faktor 2 ausschließlich negativ formulierte Items laden. Faktoren 3 (3 Items, Faktorladungen .519 bis .761) und Faktor 4 (2 Items, Faktorladungen .705 bis .793) erfassen jeweils ausschließlich Items der Dimension EC. Insgesamt erscheinen die beiden Mischfaktoren 1 und 2 durch das Vorhandensein negativer (invertierter) Items beeinflusst, sodass eine inhaltliche Interpretation kaum sinnvoll erscheint. Da gerade für jüngere Personen teilweise Schwierigkeiten hinsichtlich der Interpretation invertierter Items bekannt sind

(Woods, 2006) wurde entschieden in Studie 2 grundsätzlich keine invertierten Items zu nutzen. Neben der Analyse der theoretischen Struktur umfasst Studie 1 auch eine Validitätsprüfung. Die konsensuelle Validierung (Bortz & Döring, 2007) wurde als Gruppendiskussion mit sieben Expert*innen der Physikdidaktik unter Beteiligung der Studienleitenden durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass angeregt wurde insbesondere das individuelle und persönliche Verhalten in den Formulierungen der verhaltensbezogenen Einstellungen zur Abgrenzung gegenüber affektiven Einstellungen stärker hervorzuheben. Weiterhin wurden vereinfachte und gekürzte Formulierungen empfohlen, um die Items auch für jüngere Lernende verständlich zu gestalten. Weiterhin erfolgt spezifisches Feedback zur Differenzierung der Dimensionen für einzelne Items.

Aufgrund der Erkenntnisse aus Studie 1 wurden ursprünglich invertierte Items umformuliert bzw. aus dem Item-Pool entfernt, wenn die Anpassung der Formulierung zu einem bereits vorhandenen Item führte. Zudem wurden die Erkenntnisse der Validitätsprüfung berücksichtigt. Somit wurden von ursprünglich 24 Items insgesamt 4 Items gestrichen und 9 Items umformuliert, sodass 20 Items (6 Items EA, je 7 Items EB und EC) für Studie 2 genutzt wurden.

Die Ergebnisse für Studie 2 bestätigten die theoretisch erwartete 3-Faktor-Struktur der Einstellungen unterteilt in EA, EB und EC bei Ausschluss von 5 weiteren Items ($CFI = 0.972$, $TLI = 0.966$, $RMSEA = 0.055$, $SRMR = 0.029$). Die drei identifizierten Faktoren umfassen jeweils 5 Items für alle drei Einstellungsdimensionen. Eine Reliabilitätsprüfung in Form internen Konsistenz ausgedrückt durch Cronbach's Alpha ergab gute bis exzellente Werte für die drei Subskalen (EA: $\alpha = .924$, EB: $\alpha = .831$, EC: $\alpha = .863$).

Ausblick

Im Rahmen von zwei empirischen Teilstudien konnte ein Fragebogeninstrument (15 Items, 6-stufige Likert-Skala) zur Messung der Einstellungen von Lernenden gegenüber Experimenten als Medium im Physikunterricht entwickelt und validiert werden. Da Instrument erfasst dabei Einstellungen über drei Subskalen für affektive, verhaltensbezogene und kognitive Einstellungen.

Mithilfe dieses Instruments kann zukünftig analysiert werden, inwiefern die Einstellungen von Lernenden gegenüber Experimenten als zentralem Medium des Physikunterrichts z.B. die Einstellungen gegenüber dem Unterrichtsfach selbst beeinflussen. Diese Erkenntnisse könnten einen Beitrag leisten, um das Ziel der Vermittlung einer angemessenen Scientific Literacy in der Schule zu erreichen.

Weiterhin erscheint es möglich das Instrument für andere naturwissenschaftliche Fächer zu adaptieren oder Einstellungen gegenüber anderen Unterrichtsmedien bei Adaption der nun vorhandenen Grundlage zu messen.

Literatur

Breckler, S. J. (1984). Empirical Validation of Affect, Behavior, and Cognition as Distinct Components of Attitude. Journal of Personality and Social Psychology, 47 (6), 1191-1205

Fensham, P. J. (2007). Competences, from Within and Without: New Challenges and Possibilities for Scientific Literacy. In C. Lindner, L. Ostman, & P. Wickman (Eds.), Proceedings Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Uppsala: Geotryckeriet, 113-119

Fogarty, G., Cretchley, P., Harman, C., Ellerton, N., & Konki, N. (2001). Validation of a Questionnaire to Measure Mathematics Confidence, Computer Confidence, and Attitudes towards the Use of Technology for Learning Mathematics. Mathematics Education Research Journal, 13 (2), 154-160

George, R. (2000). Measuring Change in Students' Attitudes Toward Science Over Time: An Application of Latent Variable Growth Modeling. Journal of Science Education and Technology, 9 (3), 2000

Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative synthesis. Science Education, 66 (4), 547-563

Köller, O., & Klieme, E. (2000). Geschlechterdifferenzen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen. In J. Baumert, W. Bos, & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III. Dritte International Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Opladen: Leske + Budrich, 373-404

Millar, M. G., & Tesser, A. (1989). The effects of affective-cognitive consistency and thought on the attitude-behavior relation. Journal of Experimental Social Psychology, 25 (2), 189-202

Myers & Fout, 1992

National Research Council [NRC] (2012). A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. International Journal of Science Education, 25 (9), 1049-1079

Owen, S., Dickson, D., Stanisstreet, M., & Boyes, E. (2008). Teaching physics. Students' attitudes towards different learning activities. Research in Science & Technological Education, 26 (2), 113-128

Piburn, M. D., & Baker, D. R. (1993). If I were the teacher… qualitative study of attitude toward science. Science Education, 77 (4), 393-406

Pierce, R., Stacey, K., & Barkatsas, A. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology. Computers & Education, 48 (2), 285-300

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. Journal of Science Education and Technology, 23, 784-802

Trumper, R. (2006). Factors Affecting Junior High School Students' Interest in Physics. Journal of Science Education and Technology, 15 (1), 47-58

Woods, C. M. (2006). Careless Responding to Reverse-Worded Items: Implications for Confirmatory Factor Analysis. Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, 28 (3), 189-194

Zwickl, B. M., Hirokawa, T., Finkelstein, N., & Lewandowski, H. J. (2014). Epistemology and expectations about experimental physics: Development and initial results. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 10, 010120

Sabine Streller
Alexander Knoechelmann
Claus Bolte

Freie Universität Berlin

Glückssache?! Zur Beurteilung von Versuchsprotokollen im Fach Nawi 5/6

Einleitung

Das Protokollieren einfacher Untersuchungen ist eine Kompetenz, die Schüler*innen schon im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht erwerben sollen, um u.a. den Weg experimenteller Erkenntnisgewinnung schriftlich zu dokumentieren. In den meisten Bundesländern wird diese Kompetenz bereits im Sachunterricht gefordert und in einigen sogar zur Feststellung der Leistungsbewertung herangezogen (z. B. Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 29). In den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss und für die Allgemeine Hochschulreife für das Fach Chemie ist das Protokollieren von Untersuchungen als zu entwickelnde Kompetenz in den Bereichen Erkenntnisgewinnung (KMK 2004, S. 12; KMK 2020, S. 15) und Kommunikation (KMK 2004, S. 13) verankert. Leistungen werden wiederum danach bewertet, wie gut die in den Standards formulierten Kompetenzerwartungen von den Schüler*innen erreicht werden – jedoch: Das Protokollieren wird mit seinen inhaltlichen und formalen Anforderungen in den Standards und Lehrplänen nicht konkretisiert.

Theoretischer Rahmen

In der Zuordnung der Kompetenz des Protokollierens in den Bildungsstandards zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung kommt bereits zum Ausdruck, dass Protokolle den Verlauf des Erkenntnisprozesses dokumentieren, daher „*werden sie in Anlehnung an die wesentlichen Aspekte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, […] verfasst*“ (Bayrak, 2017, S. 415). Obwohl aus diesem kurzen Zitat abgeleitet werden könnte, wie Protokolle aufgebaut und gegliedert sein sollten, ist in der fachdidaktischen Literatur kein Konsens über einen einheitlichen Aufbau eines Protokolls zu finden (z. B. Brüning 1990; Witteck & Eilks 2004; Beese &Roll 2015; Bayrak u. a. 2015; Krabbe 2015). Zweifellos sind die Schritte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in ihrer Abfolge beschrieben, allerdings mit einer großen Varianz sowohl in der Bezeichnung als auch der Relevanz dieser Schritte; so wird das Anfertigen einer Skizze nur in zweien der fünf gewählten Publikationen als erforderlicher Aspekt eines Protokolls betrachtet, die Beobachtung ist in allen gefordert.

Unsere Analyse von Schulbüchern (N=17) für den naturwissenschaftlichen Unterricht zeigt ebenfalls eine verhältnismäßig große Streuung bzgl. der Aspekte, die ein Protokoll aufweisen sollte: Auch hier wird einzig der Aspekt Beobachtung in allen untersuchten Büchern genannt (100%), Durchführung (76%) und Skizze (76%) immerhin oft, das Datum (!) (64%) oder der eigene Name (41%) als überraschend wichtig erachtet. Ebenfalls auffällig ist auch in dieser Analyse, dass inhaltlich gleiche Aspekte unterschiedliche Bezeichnungen tragen: z. B. Ergebnisse, Auswertung, Deutung oder Antwort auf die Problemfrage.

Da weder in der Naturwissenschaftsdidaktik noch in Schulbüchern einheitliche Empfehlungen zu finden sind, wie Versuchsprotokolle zu erstellen oder zu bewerten wären, wundert es nicht, dass Lehrer*innen ihre je eigenen Vorstellungen und Präferenzen über die Bedeutsamkeit in-

haltlicher und formaler Anforderungen an Protokolle entwickelt haben (Holschemacher & Bolte 2021). Mittels eines Online-Fragebogens schätzten die Lehrkräfte auf einer sechsstufigen Skala ein, welche Wichtigkeit sie einzelnen Aspekten eines Protokolls beimessen. Die Aspekte *Sicherheitsvorschriften nennen* und *Teilüberschriften unterstreichen* weisen die größte Streuung (von 1-6) auf; hier scheinen sich die Lehrkräfte besonders uneins. Besonders hohe Wichtigkeit bei gleichzeitig geringer Streuung weisen die Aspekte *Beobachtung und Interpretation unterscheiden*, *Chemikalien auflisten*, *Beobachtungen verschriftlichen*, *Beobachtungen interpretieren*, *Messwerte interpretieren* und *Verwendung von Fachsprache*.
Für uns ergibt sich aus den normativen Forderungen, die in Standards und Lehrplänen formuliert sind, und der Uneinigkeit einheitlicher Ansprüche an formale und inhaltliche Aspekte von Protokollen auf Seiten der Fachdidaktik, der Schulbuchverlage sowie der Lehrkräfte eine Problemlage, die vermittelt über die Notengebung nachteilige Auswirkungen auf Schüler*innen haben könnte. Ziel unserer Untersuchung ist es daher, herauszuarbeiten, welche Kriterien Lehrkräfte schlussendlich zur Bewertung von Protokollen anwenden und wie sich diese Auswahl auf die Notengebung auswirkt.

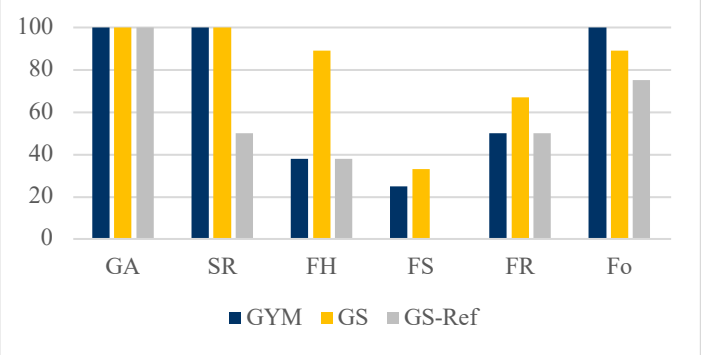
Fragestellung
Welche Kriterien ziehen Lehrkräfte zur Beurteilung von Protokollen heran und wie benoten sie Protokolle von Schüler*innen?

Methode
Um möglichst authentische Einblicke in das Korrekturverhalten von Lehrkräften zu erhalten, haben wir ein Untersuchungsinstrument konstruiert, das vier Protokolle enthält, die Schüler*innen der Jg. 6 im Unterrichtsfach Naturwissenschaften angefertigt haben (Streller, Timmermann, Bolte eingereicht). Aus einem Pool von 159 Protokollen wurden diese vier Protokolle aus folgenden Gründen ausgewählt: Sie besitzen sowohl Gemeinsamkeiten (gleicher Versuch; zentrale Gliederungsaspekte Durchführung, Beobachtung, Auswertung sind enthalten; verständlich und leicht lesbar) als auch Unterschiede (Tabelle ./. Fließtext; mit ./. ohne Skizze; mit ./. ohne Zwischenüberschriften; mehr ./. weniger Schreibfehler; (un)persönlich; Zeitfom). Die Lehrkräfte wurden gebeten die Protokolle zu korrigieren, zu benoten und die Kriterien aufzuführen, die ihrer Bewertung zugrunde liegen. Der Arbeitsauftrag lautete: ***Korrigieren*** *Sie bitte die vier Versuchsprotokolle möglichst so, wie Sie es in Ihrer Unterrichtspraxis auch tun.* ***Benoten*** *Sie bitte die Versuchsprotokolle jeweils mit einer Note (1-6).* ***Führen*** *Sie bitte für jedes Protokoll stichpunktartig* ***alle*** *relevanten Kriterien* ***auf****, die Ihrer Beurteilung zugrunde liegen.* Das Befragungsinstrument wurde an 46 Lehrkräfte (Gymnasium Jg. 5 bzw. Jg. 7-12 und Grundschule Jg. 1-6) und Referendar*innen (Grundschule) mit naturwissenschaftlichem Fach verteilt. Parallel wurde deduktiv ein Kategoriensystem entwickelt, so dass die Rückmeldungen der Lehrkräfte einer systematischen Analyse zugänglich gemacht werden können. Dazu wurde die im Theorieteil benannte Literatur genutzt.

Ergebnisse
Von 25 Lehrkräften wurden die Protokollhefte nach einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von 14 Tagen zurückgesendet (Rücklaufquote 54%). Von den teilnehmenden Lehrkräften unterrichten acht am Gymnasium, neun an der Grundschule und weitere acht absolvieren das Referendariat für das Grundschullehramt.

Kriterien, die die Lehrkräfte herangezogen haben

Das Korrigieren und Bewerten der vier Protokolle ist eine durchaus zeitintensive Aufgabe. Die meisten Teilnehmenden haben darauf verzichtet die ihrer Bewertung zu Grunde liegenden Kriterien separat aufzuführen, so dass diese aus den Anmerkungen in den Protokollen rekonstruiert werden mussten. So konnte der Aspekt *Sprachliche Richtigkeit* gut aus Korrekturzeichen am Rand (z. B. R, Z, Gr, A) entnommen werden. Aber auch Kommentare wie „Bitte unterstreichen", „Datum?" oder „sehr übersichtlich" weisen auf *formale Anforderungen* hin. Auf die korrekte Berücksichtigung von *Gliederungsaspekten* selbst weisen z. B. Kommentare hin wie „Passt die Auswertung zu den Beobachtungen?". Das zunächst entwickelte Kategoriensystem wurde mit Informationen aus dem Datenmaterial ergänzt und erweitert.



Legende:
GA Gliederungsaspekte
SR sprachl. Richtigkeit
FH Formulierungshilfen
FS Fachsprache
FR fachl. Richtigkeit
Fo formale Anforderergen

Abb. 1. Relative Häufigkeiten der von Lehrkräften zur Korrektur und Bewertung herangezogenen Kriterien in [%]

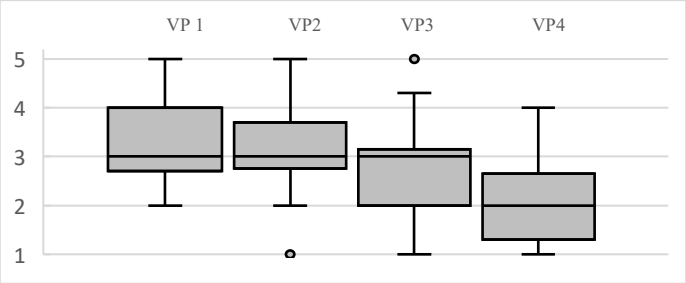


Abb. 2 Benotung der vier Versuchsprotokolle (VP) durch die Lehrkräfte (N = 21; vier Personen haben keine Noten vergeben) mit Noten von 1 bis 5

Diskussion

Die Lehrkräfte an Grundschule und Gymnasium zeigen eine hohe Übereinstimmung (Abb. 1) in der Angabe von Kriterien, die sie ihrer Einschätzung der Protokolle zugrunde legen, aber erhebliche Differenzen in der Notenvergabe (Abb. 2). Insbesondere die Punkte, die Holschemacher und Bolte als für Lehrkräfte besonders wichtig ausgemacht haben, werden in den Korrekturen der authentischen Protokolle durch die Lehrkräfte nur zum geringen Teil aufgeführt. Lediglich einmal wird auf die Trennung von Beobachtung und Interpretation verwiesen (ohne Abb.). Offenbar besteht eine Diskrepanz auf Seiten von Lehrkräften zwischen der Auskunft über die Wichtigkeit von Kriterien und deren Anwendung im Korrigieren von Protokollen.

Literatur

Bayrak, C., Ralle, B., & Ludger, H. (2015). Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht. In: MNU, 68, (3), 177-182

Bayrak, C. (2017). Experiment und Protokoll im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: L. Hoffmann, S. Kameyama, M. Riedel, P. Sabiner, & N. Wulff (Hrsg.), Deutsch als Zweitsprache: Ein Handbuch für die Lehrerausbildung. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 412-427

Bayrak, C. (2020). Vom Experiment zum Protokoll: Versuchsprotokolle schreiben lernen und lehren. Münster, New York: Waxmann

Beese, M., & Roll, H. (2012; Nachdruck 2015). Versuchsprotokolle schreiben - zur Förderung literaler Routinen bei mehrsprachigen SuS in der Sekundarstufe I. In: Y. Decker-Ernst, I. Oomen-Welke (Hrsg.), Deutsch als Zweitsprache: Beiträge zur durchgängigen Sprachbildung: Beiträge aus dem 8. Workshop "Kinder mit Migrationshintergrund", 2012. Stuttgart: Fillibach bei Klett, 213-230

Bruening, H.-G. (1990). Das Versuchsprotokoll. In: Physica didactica, 17, (3/4), 101-109

Holschemacher, S., & Bolte, C. (2021). Subjektive Theorien zum Protokollieren im Chemieunterricht der Sek. I. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Essen: Universität Duisburg-Essen, 549-552, https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021_549_Holschemacher.pdf

KMK (2004). Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Chemie. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf

KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-Bildungsstandard-sAHR_Chemie.pdf

Knoechelmann, A. (2023). Qualitative Untersuchung der Beurteilung von Versuchsprotokollen durch Lehrkräfte in den Naturwissenschaften 5/6. unveröffentlichte Masterarbeit, Freie Universität Berlin

Krabbe, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte des Physikunterrichts. In: S. Schmölzer-Eibinger, & E. Thürmann (Hrsg.), Schreiben als Medium des Lernens: Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster, New York: Waxmann, 157-173.

Niedersächsisches Kultusministerium (2107). Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4, Sachunterricht.

Sekundarstufe I-Verordnung (Sek I-VO, 2010). https://www.schulgesetz-berlin.de/berlin/sekundarstufe-i-verordnung.php

Streller, S., Timmermann, M., Bolte, C. (eingereicht). Lernanregungen zum Anfertigen von Versuchsprotokollen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule. Erscheint in: GDSU-Journal.

Timmermann, M. (2021). Evaluation von Lernanregungen zum Anfertigen von Versuchsprotokollen im Fach Naturwissenschaften 5/6. unveröffentlichte Masterarbeit, Freie Universität Berlin

Witteck, T., & Eilks, I. (2004). Versuchsprotokolle kooperativ erstellen. In: Unterricht Chemie, 15, (82/83), 54-56

Anja Lembens[1]
Moritz Meier[1]
Marvin Rost[1]

[1]Universität Wien

Förderung Professioneller Unterrichtswahrnehmung zum Umgang mit Lernendenvorstellungen durch Videovignetten

Unterrichten ist ein hochkomplexes System, das von Lehrenden schnelle Entscheidungen und Handlungen unter Druck erfordert (Wahl, 1991). Basis für Entscheidungen, die zu einem lernwirksamen Unterricht führen, ist ein gut entwickeltes Professionswissen (Shulman, 1986; Bromme, 1996), welches sich erst im Laufe der Berufserfahrung entwickelt. Noviz:innen treffen daher zunächst oft Entscheidungen aus einem Bauchgefühl heraus. Um exemplarische Handlungssequenzen erkennen und adäquat deuten zu können, sollten daher bereits im Studium theoretische mit (unterrichts-)praktischen Professionswissenselementen gemeinsam in den Blick genommen werden.

Die Integration theoretischen Wissens und praktischer Kompetenzen ist in der 1. Phase der Lehrer:innenbildung (LB) vielfach unzureichend (Schaffert, 2022). Erhalten die Studierenden nicht ausreichend Gelegenheit, Wissenselemente aus Bildungswissenschaften, Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Unterrichtspraxis zu reflektieren und neu Erlerntes anzuwenden, gelingt es ihnen kaum, ein gut vernetztes und anwendbares Professionswissen zu entwickeln. Die Folgen sind träges Wissen (Mandl & Gerstenmaier, 2000; Renkl, 1996; Wahl, 1991), sowie eine wahrgenommene Praxisferne des Studiums und Theorieverdrossenheit (Alles et al., 2019). Eine Ursache wird in der starken Fragmentierung der verschiedenen Studienelemente in der 1. Phase der LB vermutet, die es für die Studierenden schwer macht, die verschiedenen Wissenselemente und Kompetenzen aufeinander zu beziehen und zu einem anwendbaren Professionswissen zu verbinden (Hellmann et al., 2019; Kleickmann & Hardy, 2019). Eine Möglichkeit zur Vernetzung stellen Unterrichtsbeobachtungen dar, die durch das theoriegeleitete Erfahren beruflicher Situationen zu einem Professionswissenserwerb führen können (Rehm et al., 2021). Einer der so erworbenen Schlüssel zur Gestaltung lernwirksamen Unterrichts ist die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) (Goodwin, 1994). Sie beschreibt die Art und Weise, wie Lehrpersonen Ereignisse und Situationen professionstypisch beobachten und interpretieren (Seidel et al., 2010). International verschieden konzipiert (z. B. Kersting et al., 2012; Plöger & Scholl, 2014; Roth et al., 2011; Sherin & van Es, 2009), wird die Fähigkeit zur PU häufig auf zwei zentralen Elementen begründet. Dem Erkennen von lern- und unterrichtsrelevanten Ereignissen im Unterrichtsgeschehen, dem *noticing*, und dem theoriegeleiteten Interpretieren oder der Verarbeitung des Beobachteten, dem *knowlegde-based reasoning* (Meschede, 2014; Sherin, 2007).

Videovignetten zur Entwicklung Professioneller Unterrichtswahrnehmung

Um die Entwicklung PU in der universitären Lehre zu unterstützen, wurden bereits erfolgreich Videoaufzeichnungen von Unterrichtssequenzen eingesetzt (Blomberg et al., 2013; Seidel &

Stürmer, 2014). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das Erasmus+ Projekt ‚Videovignetten in Naturwissenschaften, Technik und Textil' (VidNuT[1]) initiiert (Lembens et al., 2023). Ziel des Projekts ist es, geskriptete Videovignetten zu entwickeln, die Repräsentationen aus der Praxis darstellen. Durch die Verknüpfung mit entsprechenden Aufgabenstämmen sollen sie zur Entwicklung von PU bei Studierenden beitragen und ihnen schlussendlich Handlungsfähigkeit im Unterricht verleihen. Unter der Mitwirkung von Standorten in Deutschland, Italien, Österreich und der Schweiz wurden Videovignetten und begleitende Aufgaben für die Fächer Chemie, Physik sowie Technik und Textil generiert. Die Vignetten samt Aufgabenstämmen wurden in die Lehrvideoplattform UnterrichtOnline.org implementiert und sind dort nach Anmeldung verfügbar.

Ziel und Ablauf der Implementationspilotierung

Basis für die Entwicklung der Vignetten und der Aufgaben waren die fünf evidenzbasierten Heuristiken für den Einsatz von Video in der universitären Lehrer:innenbildung (Blomberg et al., 2013). Die erste Heuristik, nämlich die Identifizierung und Operationalisierung der Lehrziele steht in diesem Beitrag im Fokus:

Die Studierenden können typische Lernendenvorstellungen im Themenfeld Säuren & Basen identifizieren, benennen und auf der Grundlage fachlichen und fachdidaktischen Wissens analyiseren.

Die für die Evaluierung herangezogenen Daten stammen aus zwei Quellen: 1. die von den Studierenden bearbeiteten Aufgaben zur Videovignette und 2. Kleingruppeninterviews. Zwei Kurse des Begleitseminars zur Schulpraxis im Bachelorstudium im Lehramt Chemie mit insgesamt 21 Studierenden nahmen an der Pilotierung teil. Nach einer Einführung in Unterrichtsbeobachtung und PU sowie einer technischen Einweisung in die Bedienung der Plattform UnterrichtOnline.org hatten die Studierenden 60 Minuten Zeit für die Bearbeitung der Vignettenaufgaben. Anschließend wurden sechs leitfadengestützte Gruppeninterviews in 3-4er Gruppen geführt. Der Leitfaden bestand aus 10 Items, die in den Gruppen diskutiert wurden. Die rund 30-minütigen Diskussionen wurden audiographiert.

Einblick in eine ausgewählte Videovignette

Eine der am AECC Chemie[2] an der Universität Wien entstandenen Videovignetten setzt Lernendenvorstellungen zum Thema Säure-Base-Indikatoren (Cooper et al., 2016; Lembens et al., 2019) und die sprachliche Differenzierung zwischen Stoff- und Teilchenebene ins Zentrum. Gezeigt wird eine Klasse der 8. Jahrgansstufe, die einen Tüpfelversuch mit sauren und basischen Lösungen sowie Rotkrautindikator durchführt. Im Video werden die Dialoge zweier Schüler:innengruppen gezeigt, die Aufgaben zum Versuch bearbeiten. Folgende Lernendenvorstellungen treten dabei zum Vorschein: „*Saure Lösungen sind immer rot*" und „*Basen färben den Rotkrautindikator grün*". Eine verzweigte Anlage der Vignette (Gorth & Eghtessad, 2022) ermöglicht es den Studierenden beim Stopppunkt zu entscheiden, welche Lernendenvorstellung sie bearbeiten möchten. In Pfad 1 werden die Studierenden aufgefordert, einen Versuch zu planen, der die Lernenden anregt, sich mit der Aussage kritisch auseinanderzusetzen. Im weiteren Verlauf des Videos interagiert die Lehrperson direkt mit einer der Schüler:innengruppen und schlägt ihnen einen solchen Versuch vor. Im Pfad 2 sollen

---

[1] Erasmus+ Projekt VidNuT: Videovignetten in Naturwissenschaften, Technik und Textil. Fördernummer: 2020-1-AT01-KA226-HE-092704. https://www.vidnut.eu/

[2] Austrian Educational Competence Centre – Chemistry

die Studierenden zunächst selbst Begriffe aus dem Versuch der Stoff- oder Teilchenebene zuordnen, anschließend ist zu sehen, wie die Lehrperson mit der Klasse im Plenum Begriffe der Stoff- oder Teilchenebene zuordnet.

Datenerhebung und -analyse

Im Verlauf der Vignettenbearbeitung gab es diverse Arbeitsaufträge an die Studierenden, die jeweils vom fortschreitenden Geschehen im Unterricht initiiert werden und dazu dienen, sowohl fachliches als auch fachdidaktisches Wissen zu aktualisieren und mit unterrichtspraktischen Überlegungen zu verknüpfen. Innerhalb dieser Vignette sind an 12 Stopppunkten insgesamt 14 Aufgaben implementiert. Das Spektrum der Aufgabentypen reicht von Freitext-, Multiple Choice- und Transferaufgaben bis hin zu Kombinationen daraus. Die Antworten der Studierenden auf die Vignettenaufgaben wurden mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) kategorisiert und bezüglich der Lehrziele (erste Heuristik) analysiert. Die ursprünglich drei deduktiven Kategorien (*Description*, *Explanation*, *Prediction*) sind an beobachtete Vorgehensweisen von Lehrperson angelehnt, die knowledge-based reasoning anhand von Unterrichtsvideos betreiben (Seidel & Stürmer, 2010). Später wurden die Kategorie *Statement* ergänzt, der v.a. bruchstückhafte Antworten oder nicht-begründete Meinungen zugeordnet wurden.

Ergebnisse

Die Anzahl der zugeordneten Codes entsprach in den meisten Fällen den Erwartungen: Bei Aufgaben mit dem Operator ‚analysiere' wurden vorwiegend Antworten gegeben, die der *Description*-Kategorie zugeordnet werden können. Bei Arbeitsaufträgen mit der Aufforderung „begründe" wurden die meisten Antworten der *Explanation*-Kategorie zugeordnet. Bei zwei Aufgabenpaaren mit der Aufforderung „analysiere und begründe" kam es zu einer auffälligen Anhäufung der *Statement*-Kategorie in der zweiten Aufgabe jedes Paares. Für die Klärung der Ursache des Phänomens wurde auf die Interviews zurückgegriffen, die Einsicht in Arbeitsabläufe und dabei aufgetretene Probleme lieferten. So zeigte sich, dass die zweite Aufgabe der Paare (Analyse mit Blick auf sprachliche Aspekte begründen) häufig bereits in der ersten (Analyse mit Blick auf fachliche Aspekte begründen) beantwortet wurde, sodass bei der zweiten Aufgabe nur noch fragmentierte Antworten gegeben wurden, die als *Statements* codiert wurden. Insgesamt zeigt die Analyse der Daten mit Blick auf die Erreichung der gesetzten Lehrziele, dass die Studierenden die Lernendenvorstellungen zumeist erkannt haben und auf Basis fachlicher und fachdidaktischer Wissensbestände analysieren konnten. Die Vignette mit ihren Aufgabenstellungen ist demnach geeignet, die ausgewählten Lehrziele anzusteuern und die erste Heuristik wurde in diesem Sinne erfolgreich implementiert.

Ausblick

Im nächsten Schritt werden die erhobenen Daten mit Blick auf die vier weiteren Heuristiken analysiert. Die gewonnen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung weiterer Vignetten und Lernumgebungen ein. Diese sollen zukünftig als fester Bestandteil in die die Schulpraxis begleitende Lehrveranstaltung implementiert werden, um die Studierenden beim Vernetzten fachlichen und fachdidaktischen Wissens mit praxisnahen Anwendungen und damit bei der Entwicklung einer PU zu unterstützen.

Literatur

Alles, M., Apel, J., Seidel, T. & Stürmer, K. (2019). How candidate teachers experience coherence in University Education and Teacher Induction: the influence of perceived professional preparation at University and support during teacher induction. Vocations and Learning, 12(1), 87-112.

Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. Journal for educational research online, 5(1), 90-114.

Bromme, R. (1996). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), Psychologie des Unterrichts und der Schule. Hogrefe Verl. für Psychologie.

Cooper, M. M., Kouyoumdjian, H., & Underwood, S. M. (2016). Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions. JCE, 93(10), 1703-1712.

Goodwin, C. (1994). Professional Vision. American Anthropologist, 96(3), 606–633.

Goreth, S. & Eghtessad, A. (2022). Videovignetten in Naturwissenschaft, Technik und Textil: Das Projekt VidNuT zur standortübergreifenden Entwicklung hochschulischer Lehrveranstaltungskonzepte. In E. Eichelberger, V. Huber-Nievergelt & A. Käser (Hrsg.), Forschend Lernen und Lehren im Textilen und Technischen Gestalten. hep.

Hellmann, K. A., Kreutz, J., Schwichow, M. & Zaki, K. (Hrsg.). (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde. Springer.

Kersting, N. B., Givvin, K. B., Thompson, B. J., Santagata, R. & Stigler, J. W. (2012). Measuring Usable Knowledge: Teachers' Analyses of Mathematics Classroom Videos. AERJ, 49(3), 568-589.

Kleickmann, T. & Hardy, I. (2019). Vernetzung professionellen Wissens angehender Lehrkräfte im Lehramtsstudium. Unterrichtswissenschaft, 47(1), 1–6.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden (5. Auflage). Beltz Juventa.

Lembens, A., Billion-Kramer, T., Eghtessad, A., Goreth, S., Kasper, L., Meier, M., Nepper, H. H., Rehm, M. & Weiler, D. (2023). Videovignetten zur Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung. In: van Vorst, H. (Hrsg.). Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. GDCP. 61-66.

Lembens, A., Müller, M., Rehm, M. & Eghtessad, A. (in Druck). Entwicklung und Einsatz von Videovignetten im fachdidaktischen Entwicklungsprojekt VidNuT. Transfer 9 Forschung – Lehre

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning 'acids and bases' in lower secondary school. CTI, 1(2),

Mandl, H. & J. Gerstenmaier (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln Empirische und theoretische Lösungsansätze. Hogrefe.

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Logos.

Plöger, W. & Scholl, D. (2014). Analysekompetenz von Lehrpersonen – Modellierung und Messung. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 17(1), 85-112.

Rehm, M., Dörfler, T., Heuer, C., Seidenfuß, M., Vogel, M. & Lohse-Bossenz, H. (2021). Das Forschungsprogramm „Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung". In H. Lohse-Bossenz et al. (Hrsg.), Professionalisierung in der Lehrerbildung: Erkenntnisse und Perspektiven des interdisziplinären Forschungsprogramms. Waxmann.

Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. Psych. Rundschau, 47(2), 78-92.

Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N. I. Z. (2011). Videobased Lesson Analysis: Effective Science PD for Teacher and Student Learning. JRST, 48(2), 117-148.

Schaffert, U. (2022). Erwerb diagnostischer Kompetenzen im Sachunterricht. Wissensvernetzung durch Unterstützung bei der Wissensorganisation. Springer VS

Shulman, L. S. (1986). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. HER, 57(1), 1-21.

Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). "Observer" – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht: Projekt OBSERVE. ZfP, 296-306.

Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. AERJ, 51(4), 739-771.

Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), Video research in the learning sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. JTE, 60 (1), 20-37.

Wahl, D. (1991). Handeln unter Druck. Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildnern. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Martina Cavelti[1]
Christoph Gut[1]
Maik Walpuski[2]

[1]Pädagogische Hochschule Zürich
[2]Universität Duisburg-Essen

Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens
Entwicklung und Validierung eines Messinstruments

Einleitung

Der schweizweit verbindliche Lehrplan für die Volkschule Lehrplan 21 (D-EDK Deutsch-Schweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016) wie auch die deutschen Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz, 2005b) fordern, dass Lernende in der Lage sein müssen, experimentelle Untersuchungen zu protokollieren wie auch Ergebnisse aus Erkundungen, Untersuchungen und Experimenten in verschiedenen Formen einfach darzustellen (insbesondere als Skizze, Bericht, Tabelle, Diagramm, Plan).
Skizzieren ist sowohl aus wissenschaftlicher Sicht, beispielsweise als in Repräsentationsform (Ainsworth, 1999) als auch für die Schulpraxis als Handlungskompetenz relevant, da beispielsweise Experimentierprozesse nicht alleine verbal dargestellt werden können (Kozma et al., 2000). Skizzier-Anlässe in der naturwissenschaftlichen Praxis finden sich in den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Nehring et al., 2016) des Beobachtens, des Vergleichs und des Experimentierens.

Theoretischer Hintergrund

Bayrak und Ralle (2016) sehen im Dokumentieren eine wissenschaftliche Tätigkeit, die der Erkenntnisgewinnung dient. Über das Dokumentieren wird das Kommunizieren über die Beobachtungen, Durchführung, Resultate und eine daraus resultierende Erkenntnisgewinnung ermöglicht. Während das Dokumentieren in Form von Protokollieren gut erforscht ist (Bayrak & Ralle, 2016), ist über das Dokumentieren in Form des wissenschaftlichen Skizzierens noch wenig bekannt (Nitz et al., 2014).
Ausgehend von der allgemeinen Definition von Quillin und Thomas (2015) des Skizzierens als «a learner-generated external visual representation depicting any type of content, whether structure, relationship, or process, created in static two dimensions in any medium» wird der Begriff des wissenschaftlichen Skizzierens (WS) für unsere Zwecke auf die spezifischen Erfordernisse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung eingeengt: WS bezeichnet die Fähigkeiten objektive Skizzen des gesamten Experimentierprozesses anzufertigen, die als förderliche Basis für die Erkenntnisgewinnung dienen, indem wesentliche Aspekte, bspw. eines Phänomens, visuell darstellt werden (Cooper et al., 2017; Kozma & Russell, 2005; Quillin & Thomas, 2015). Dadurch werden Teilprozesse des experimentellen Handelns (Gut & Mayer, 2018) (Fragestellung, Planung und Durchführung, Messungen und Beobachtungen, Ziehen von Schlussfolgerung) festgehalten. Wissenschaftliche Skizzen dokumentieren häufig vor allem die Makroebene, also die Oberflächenstruktur von Phänomenen. Voraussagen, Hypothesen, Reflexion, wie auch die damit verbundene Betrachtung auf der Submikroebene werden anders als bei der Nutzung von Skizzen nach Cooper (2017) bei den wissenschaftlichen Skizzen ausgeschlossen.
Die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens weist zwar enge Verbindungen zur experimentellen Kompetenz (Gut & Mayer, 2018) wie auch zur Repräsentationskompetenz (RC) (siehe u.a. diSessa, 2002) auf. WS hat einerseits das Ziel, experimentelle Prozesse zu dokumentieren, daher erfordert sie eine gewisse Kompetenz beim Experimentieren selbst. WS ist andererseits ein Bestandteil der allgemeinen Repräsentationskompetenz. Es gibt wenig empirische Befunde darüber, was die Lernenden können und wie sie gefördert werden können

(Nitz et al., 2014; Van Meter & Garner, 2005), und es fehlen validierte large-scale Messinstrumente zur Erfassung der Kompetenz.

Ziele und Forschungsfragen

Ziel ist es, zur Schließung dieser Forschungslücke beizutragen. Dazu wurde ein Kompetenzmodell und darauf aufbauend ein Diagnoseinstrument entwickelt und evaluiert.
Dabei werden die folgenden Forschungsfragen in den Blick genommen:
F1: Erfüllt das Messinstrument die Testgüte?
F2: Besteht ein Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlichen Skizzieren und der Kognition (KFT), dem Strategiewissen zum Experimentieren (NAW) und der Lesefähigkeit (LGVT)?

Methoden und Design

Es wurde ein literaturbasiertes Kompetenzmodell und darauf aufbauend ein Messinstrument für die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens entwickelt. Die in der Literatur diskutieren Qualitätsmerkmale für das Skizzieren und für die Darstellung von Repräsentationen haben auch für die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens Gültigkeit und bilden die Grundanforderung (Wissenschaftlichkeit der Skizze) an wissenschaftliche Skizzen somit die Grundlage für ein Kompetenzstrukturmodell. Die Wissenschaftlichkeit der Skizze umfasst fünf Facetten: Eindeutigkeit, Idealisierung, Vollständigkeit, Abstraktion und Korrektheit der Skizze. Literaturbezug und Kompetenzanforderung werden exemplarisch an der Eindeutigkeit aufgezeigt: Die literaturbasierten Qualitätsmerkmale Eindeutigkeit, Autonomie (diSessa, 2002), Konventionen, gewünschte Attribute (diSessa, 2004), Klarheit (Aussagekraft), Organisation und Design und Lesbarkeit (Gebre & Polman, 2016) fließen als «relevante Merkmale zum Erstellen des Phänomens dargestellt, Phänomen dargestellt, Skizze ohne zusätzlich Erklärung eindeutig interpretierbar» in das Kompetenzmodell, welches vier Leistungsniveaus aufweist, ein.
Ausgehend von den Zellen der Struktur eines Kompetenzmodells zur Vernetzung der Erkenntnisgewinnung (VerE-Modell) (Nehring et al., 2016) und der Aufgabenstruktur nach Cooper (2017) und Cavelti (2018) wurde das Forschungsdesign mit drei Aufgabentypen (Beobachtung, Vergleich und Zusammenhang) entwickelt. Die drei Aufgabentypen fokussieren jeweils eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise gekoppelt mit einem Teilschritt des wissenschaftlichen Denkens (Nehring et al., 2016). Die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens wurde für diese Aufgabentypen in drei Kontexten (Brausetablette, Eis schmelzen und Säuren und Basen) ausdifferenziert.
Die Aufgabenstellung der Items ist eine bildliche Darstellung (wissenschaftliche Skizze) der/des Phänomens/e bzw. der Planung eines Experiments, welche/s den Lernenden mittels Video-Vignetten vorgelegt wurde/n (bspw. «Lösen von Smarties und Brausetablette in Mineralwasser»). Die Lernenden lösten jeweils 6 der 9 Items. Die Items rufen dabei kein Vorwissen ab. Die Skizzen wurden zuerst kodiert und anhand der Kodierung vier Leistungsniveaus eingeteilt wie auch mit einer 1D-Rasch-Analyse ausgewertet.
Zur Untersuchung externen Validität wurden begleitend die Faktoren Kognition (KFT/ Skala N3) (Heller & Perleth, 2000), Strategiewissen zum Experimentieren (NAW, 9 Items) (Koenen, 2014; Mannel, 2011) und Lesefähigkeit (LGVT, Brot und Rosenkohl) (Schneider et al., 2007) erfasst und mittels Regressionsanalysen und Strukturgleichungsanalysen ausgewertet.
In der Hauptstudie nahmen 374 Lernende der Jahrgangstufen 7. und 9. aus der Schweiz teil.

Ergebnisse

Als Basis für die Kodierung der Protokolle dienten Manuale aus einer Pilotstudie. An der Kodierung waren vier Personen beteiligt, 16 % der Testhefte wurden doppelt kodiert. Die Interkodiererreliabilität beträgt Gwet's AC1 ≥ 0.91 bei PÜ ≥ 92 %.

Die Analyse der Item-Kennwerte zeigt eine gute Reliabilität (0.703), eine gute Testgüte (siehe Tab. 1) (Wu et al., 2007) wie auch eine gute Differenzierung zwischen leichten und schwereren Items.

Tab. 1 Item-Kennwerte der neun Items des wissenschaftlichen Skizzierens der Rasch-Analyse

N	376	Item Separation-Reliabilität	0.987
Infit-Werte	0.82 < infit > 1.18	EAP/PV Reliabilität	0.709
T-Wert	- 0.7 < T > 0.8	Outfit-Werte	0.81 < outfit > 1.19

Das Modell mit der Kognition als übergeordneter Einfluss (siehe Abb. 1) weist gegenüber dem Modell mit allen Faktoren gleich gewichtet auf deskriptiver Ebene signifikant bessere Werte für AIC (7621.817) und BIC (7692.260) auf. Die Lesefähigkeit, erhoben mit dem LGVT, differenziert Lesegeschwindigkeit (LGN), Lesegenauigkeit (LGW) und Leseverständnis (LV). Erwartungsgemäß zeigt keines der Konstrukte Zusammenhänge mit der Personenfähigkeit des wissenschaftlichen Skizzierens (WS). Die Kognition (KFT) zeigt erwartungsgemäß einen signifikanten Zusammenhang mit der WS wie mit dem Strategiewissen zum Experimentieren (NAW). Das Strategiewissen zum Experimentieren zeigt auch wie erwartet einen signifikanten, wenn auch weniger bedeutsamen Zusammenhang mit der Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens (siehe Abb. 1).

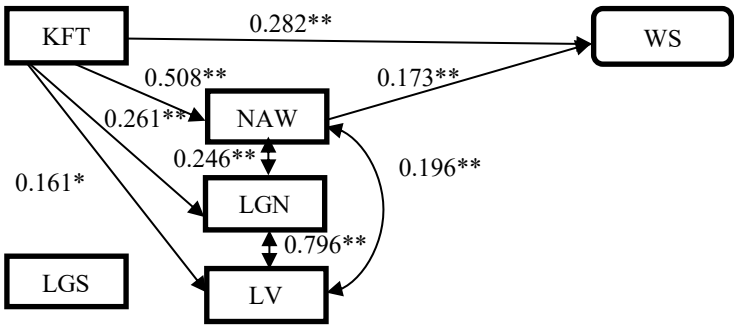


*Abb. 1 Strukturgleichungsmodell, wobei * = p < 0.11, ** = p < 0.001*

Diskussion und Ausblick

Aus den Resultaten kann man schlussfolgern, dass sich das Messinstrument sich als valide bezüglich der Testgüte und der externen Validität erweist, wie auch, dass die Bearbeitung von 6 von insgesamt 9 Items ausreicht, um das wissenschaftliche Skizzieren mit guter Reliabilität (0.703) messen zu können.

Die externe Validierung zeigt, dass der Test zur Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens erwartungsgemäß ein anderes Konstrukt erhebt als die Kognition, Strategiewissen zum Experimentieren und Lesefähigkeit.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. Computers & Education, 33(2–3), 131–152

Bayrak, C., & Ralle, B. (2016). Versuchsprotokolle und Vermittlung von Textsortenkompetenz. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. GDCP-Jahrestagung 2015. Universität Regensburg

Cavelti, M., Bührer, W., & Berset, T. (2018). Documentation in chemistry teaching—A theory based report of practice; Der Dokumentier-Führerschein. Progress in Science Education (PriSE), 1(1).

Cooper, M. M., Stieff, M., & DeSutter, D. (2017). Sketching the invisible to predict the visible: From drawing to modeling in chemistry. Topics in cognitive science, 9(4), 902–920

D-EDK Deutsch-Schweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. (2016). Lehrplan 21—Natur und Technik mit Physik, Chemie und Biologie—Kompetenzaufbau 3. Zyklus—Von der D-EDK Plenarversammlung am 31.10.2014 zur Einführung in den Kantonen freigegebene Vorlage. http://www.lehrplan.ch

diSessa, A. A. (2002). Students' Criteria for Representational Adequacy. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. Van Oers, & L. Verschaffel (Hrsg.), Symbolizing, Modeling and Tool Use in Mathematics Education (S. 105–129). Springer Netherlands

diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. Cognition and instruction, 22(3), 293–331

Gebre, E. H., & Polman, J. L. (2016). Developing young adults' representational competence through infographic-based science news reporting. International Journal of Science Education, 38(18), 2667–2687.

Gut, C., & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 121–140). Springer

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+ R kognitiver Fähigkeitstest für 4. Bis 12. Klassen, Revision. Beltz Test

Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen (Bd. 171). Logos Verlag Berlin GmbH

Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. The Journal of the Learning Sciences, 9(2), 105–143

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representationl competence. In Visualization in science education (S. 121–145). Springer.

Kultusministerkonferenz, K. M. K. (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Neuwied: Luchterhand

Mannel, S. (2011). Assessing Scientific Inquiry: Development and Evaluation of a Test for the Low-performing Stage (Bd. 111). Logos-Verlag

Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. ZfDN, 22(1), 77–96

Nitz, S., Prechtl, H., & Nerdel, C. (2014). Survey of classroom use of representations: Development, field test and multilevel analysis. Learning Environments Research, 17(3), 401–422

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. CBE-Life Sciences Education, 14(1), 1–16

Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). LGVT 6-12: Lesegeschwindigkeits-und-verständnistest für die Klassen 6-12. Hogrefe

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. Educational Psychology Review, 17(4), 285–325

Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A. (2007). ACER ConQuest version 2.0: Generalised item response modelling software

Katrin Bölsterli Bardy[1] [1]Pädagogische Hochschule, Luzern
Sascha Grusche[2] [2]Technische Universität München
Alexander Strahl[3] [3]Universität Salzburg

Erwartungen an Physikschulbücher: Ein internationales Review

Einleitung

Was ist aktuell der Mehrwert von Schulbüchern gegenüber modernen Medien wie dem Internet, künstlicher Intelligenz und Augmented Reality? Für den anhaltenden Erfolg von Schulbüchern in Print oder digital spricht, dass sie an das Curriculum angepasst sind (Slisko, 2023). Selbst in Zeiten neuer Medien spielt das Schulbuch eine zentrale Rolle bei der Vorbereitung (Michal & Kiss, 2022) und Durchführung (Pfäfflin & Schalk, 2022) von Unterricht. Zudem unterliegen Schulbücher einer Qualitätskontrolle durch Verlage und/oder Zulassungsbehörden. Dies fehlt bei den meisten Internetplattformen. Auch Software-Anwendungen, die auf künstlicher Intelligenz basieren, sind nicht zuverlässig. Zum Beispiel schwankt die Qualität von ChatGPT über die Monate hinweg (Chen et al., 2023). Obwohl ChatGPT sprachlich gute Antworten liefert, sind diese oft physikalisch falsch und in sich widersprüchlich (Gregorcic & Pendrill, 2023).

Mit der Verbesserung von künstlicher Intelligenz (KI) liegt es jedoch nahe, Schulbücher in Zukunft mit KI zu kombinieren (Büching et al., 2019; Mahligawati et al., 2023). Zudem werden Schulbücher zunehmend mit Augmented Reality verknüpft (Bakri & Dwijayanti, 2022). Sollen Schulbücher jedoch aktuell und hochwertig sein, müssen sie die Erwartungen verschiedener Personengruppen erfüllen (Adamina, 2004; Bölsterli Bardy, 2015).

Didaktik-Dozierende und Lehrpersonen haben unterschiedliche Auffassungen von „gutem“ Unterricht (Fauth et al., 2020). Dementsprechend ergeben sich auch mit Blick auf naturwissenschaftliche Schulbücher Diskrepanzen zwischen der Top-Down-Perspektive und der Bottom-Up-Perspektive (Adamina, 2004; Bölsterli Bardy, 2015). Während Didaktiker*innen vor allem eine Umsetzung zeitgemäßer Didaktik erwarten, äußern Lehrpersonen insbesondere hohe Erwartungen an die Praxistauglichkeit der Schulbücher (Bölsterli et al., 2015). Diese Erwartungen wurden im deutschsprachigen Raum erhoben. International angelegte Studien zu den beiden Perspektiven auf Schulbücher fehlen jedoch. Deshalb beantworten wir in dieser Teilstudie im Rahmen eines größeren Literaturreviews (Grusche et al., 2023) folgende Forschungsfrage: Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den Erwartungen von Physikdidaktiker*innen und Physiklehrpersonen zum Inhalt von Physikschulbüchern, laut englischsprachigen Studien?

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde ein Auszug aus einem breit angelegten internationalen Literaturreview (Grusche et al., 2023) verwendet. In diesem Literaturreview wurde in Google Scholar eine systematische Literaturrecherche englischsprachiger Artikel mit den Stichworten „Physics”, „Textbook(s)”, „Expectation(s)” und Synonymen durchgeführt. Bei der Inhaltsanalyse wurde vermerkt, wer die Erwartung äußert (für diese Teilstudie: Didaktiker*innen und Lehrpersonen). Die genannten Erwartungen wurden den Strukturelementen von Physikschulbüchern (Merzyn, 1994) zugeordnet: Inhaltsverzeichnis, Schlagwörter, Haupttext, Merkstoff, Abbildungen, Tabellen, Experimente, Aufgaben. Zudem wurden die Aspekte „Buch als Ganzes“ und „Zusatzmaterialien“ berücksichtigt. Durch qualitative Inhaltsanalyse wurden Erwartungen in induktiven Kategorien zusammengefasst.

Ergebnisse

Didaktiker*innen und Lehrpersonen äußern vielfältige inhaltsbezogene Erwartungen an Physikschulbücher. Das Schulbuch soll kursgemäß (KG), NoS-orientiert (NO), kompetenzorientiert (KO), stereotypenfrei (SF), lehrplankonform (LK), interdisziplinär (ID), lernenden-orientiert (LO), kontextbasiert (KB) und fehlerfrei (FF) sein (siehe Tab. 1).

*Tabelle 1. Inhaltsbezogene Erwartungen von Lehrpersonen und Didaktiker*innen*

Kategorie	Kürzel	Das Physikschulbuch soll…
Kursgemäß	KG	… zu Inhalt und Struktur des Unterrichts passen.
NoS-orientiert	NO	… Kontexte, Methoden, Resultate der Forschung zeigen.
Kompetenzorientiert	KO	… Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen trainieren.
Stereotypenfrei	SF	… ohne Klischees auskommen.
Lehrplankonform	LK	… dem Lehrplan entsprechen.
Interdisziplinär	ID	… andere Fächer einbeziehen.
Lernenden-orientiert	LO	… an die Perspektive der Lernenden anknüpfen.
Kontextbasiert	KB	… Inhalte in reale oder fiktive Situationen einbetten.
Fehlerfrei	FF	… inhaltlich und formal korrekt sein.

Die Erwartungen beziehen sich auf verschiedene Strukturelemente eines Schulbuchs (siehe Tab. 2). Allerdings sind nicht zu allen Strukturelementen Erwartungen bekannt. Erwartungen zu Tabellen in einem Physikschulbuch sind nicht zu finden. Hinsichtlich Zusatzmaterialien und Merkstoff sind Erwartungen von Didaktiker*innen unbekannt. Mit Blick auf Schlagwörter sind Erwartungen von Lehrpersonen nicht bekannt.

*Tabelle 2. Inhaltsbezogene Erwartungen von Didaktiker*innen (D) und Lehrpersonen (L) an Strukturelemente*

Struktur-elemente	**Inhaltsbezogene Erwartung** (*Kürzel-Bedeutung: siehe Tab. 1)								
	KG*	NO*	KO*	SF*	LK*	ID*	LO*	KB*	FF*
Inhaltsverz.	L	L D	L D	D	L D	D	L D	D	L
Schlagworte		D							
Haupttext		D	L D				L D	L D	D
Merkstoff			L						
Abbildung		D					L	L D	L D
Tabelle									
Experiment	L D	L D	D		L		L D	D	
Aufgabe		D	L D				L	D	
Ganzes	D	L D	L	L	L		L D	L	L D
Zusatzmat.	L		L						

Diskussion

Bei den inhaltsbezogenen Erwartungen an ein Physikschulbuch sind in den englischsprachigen Studien einige Professionsunterschiede zu finden, ähnlich wie im deutschsprachigen Raum (Adamina, 2004; Bölsterli Bardy, 2015).

Zwar formulieren Didaktiker*innen und Lehrpersonen ähnliche Erwartungen, aber sie beziehen sich dabei teils auf unterschiedliche Arten und Mengen von Strukturelementen. Demnach sind für Didaktiker*innen die NoS-Orientierung, Kontextbasiertheit und Interdisziplinarität zentral (im Vergleich zu Lehrpersonen).

Die Erwartung einer NoS-Orientierung (NO) ist bei Didaktiker*innen stark ausgeprägt, zumal Nature of Science ein typischer Untersuchungsaspekt in der Schulbuchforschung ist (Guisasola & Almundi, 2005). Auch die Kontextbasiertheit (KB) wird von Didaktiker*innen bei fünf Strukturelementen erwartet und von Lehrpersonen nur bei drei. Dies könnte daran liegen, dass das Lernen mit Kontexten ein großes Thema in der Aufgabenforschung (z.B. Habig, 2017) und der Schulbuchforschung (Lembens et al., 2019) ist. Interdisziplinarität (ID) wird nur von Didaktiker*innen explizit erwartet. Insgesamt passt die Betonung von NoS-Orientierung, Kontextbasiertheit und Interdisziplinarität unter den Didaktiker*innen zu der allgemeineren Beobachtung, dass Naturwissenschafts-Didaktiker*innen fachdidaktische Aspekte in Schulbüchern stärker gewichten als Lehrkräfte (Bölsterli Bardy, 2015).

Für Lehrpersonen hingegen sind unterrichtspraktische Aspekte zentral, nämlich Lehrplankonformität (LK) und Lernenden-Orientierung (LO). Die starke Lernenden-Orientierung der Lehrpersonen (im Vergleich zu den Didaktiker*innen) kann durch ihren engen Kontakt zu Schüler*innen im Unterricht erklärt werden. Zudem berichten nur Lehrpersonen Erwartungen an Zusatzmaterialien. Dies könnte damit zu tun haben, dass Zusatzmaterialien bei Lehrpersonen durch die eigene Lehrtätigkeit stärker im Blick sind als bei Didaktiker*innen. Ein Grund dafür könnte der Fokus auf die Praxistauglichkeit von Schulbüchern sein (Bölsterli et al., 2015).

Neben den genannten Unterschieden ist die große Ähnlichkeit der Erwartungen der zwei Professionsgruppen hervorzuheben. Didaktiker*innen und Lehrpersonen erwarten, dass Physikschulbücher stereotypenfrei (SF) sind. Zudem erwarten beide Professionsgruppen ein kursgemäßes (KG) und fehlerfreies (FF), also praxistaugliches, sowie ein kompetenzorientiertes (KO) Schulbuch. Im Vergleich zu diesen Ergebnissen aus englischsprachigen Studien werden zwar auch laut deutschsprachigen Studien alltagstaugliche und kompetenzorientierte Schulbücher erwartet, aber in der DACH-Region herrscht diesbezüglich eine Kluft zwischen den Didaktiker*innen und Lehrpersonen (Bölsterli Bardy, 2015).

Fazit und Ausblick

Kommen wir zur Fragestellung zurück: Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den Erwartungen von Physikdidaktiker*innen und Physiklehrpersonen zum Inhalt von Physikschulbüchern, laut englischsprachigen Studien?

Zwischen den Professionsgruppen konnten einige Unterschiede gefunden werden. Wie auch in den Studien im deutschen Sprachraum (z.B. Adamina, 2004; Bölsterli Bardy, 2015) zeigen englischsprachige Studien, dass Lehrkräfte tendenziell Unterrichtstauglichkeit erwarten, Didaktiker*innen hingegen die Umsetzung moderner physikdidaktischer Prinzipien.

Jedoch sind auch viele Gemeinsamkeiten vorhanden, die sowohl der Praxistauglichkeit eines Physikschulbuches zugeschrieben werden können (z.B. Fehlerfreiheit) als auch der aktuellen Physikdidaktik (z.B. Kompetenzorientierung). Dies könnte darauf hindeuten, dass international die Kluft zwischen den zwei Professionsgruppen kleiner ist als im deutschsprachigen Raum (Bölsterli Bardy, 2015).

Gemeinsame Erwartungen können als Grundlage bei der Erstellung neuer Physikschulbücher dienen. Angesichts der unterschiedlichen Erwartungen ist es jedoch entscheidend, dass bei der Erstellung neuer Schulbücher beide Perspektiven einbezogen werden (Adamina, 2004; Grusche et al., 2023). Nur so können Physikschulbücher nützlich sein, ob alleinstehend oder in Kombination mit neuen Medien.

Literatur

Adamina, M. (2004). Bottom up und Top down […]. In C. Aeberli (Ed.), *Lehrmittel neu diskutiert: Ergebnisse des 1. Schweizer Lehrmittelsymposiums vom 29. und 30. Januar 2004 auf dem Wolfsberg in Ermatingen TG* (pp. 67–86). Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.

Bakri, F., & Dwijayanti, D. (2022, November). Physics Textbook Enriched with Videos Based on Augmented Reality Technology: Practice in Problem Solving Skill in Dynamics of Rotation Concept for Senior High School Students. *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2377, No. 1, p. 012079)*. IOP Publishing.

Bölsterli, K., Wilhelm, M., & Rehm, M. (2015). Standards kompetenzorientierter Schulbücher für die Naturwissenschaften. *CHEMKON*, *22*(1), 23–28. https://doi.org/10.1002/ckon.201410238

Bölsterli Bardy, K. (2015). *Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften*. Springer Fachmedien Wiesbaden. http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-10251-7 https://doi.org/10.1007/978-3-658-10251-7

Büching, C., Mah, D.-K., Otto, S., Paulicke, P., & Hartman, Ernst, A. (2019). 7. Learning Analytics an Hochschulen. In V. Wittpahl (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz* (pp. 142–160). Springer Berlin Heidelberg.

Chen, L., Zaharia, M., & Zou, J. (2023, July 18). *How is ChatGPT's behavior changing over time?* https://arxiv.org/pdf/2307.09009.pdf

Fauth, B., Göllner, R., Lenske, G., Praetorius, A.-K., & Wagner, W. (2020). Who sees what? […] *Empirische Forschung Zu Unterrichtsqualität. Theoretische Grundfragen Und Quantitative Modellierungen*, *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft.* https://doi.org/10.25656/01:25870

Gregorcic, B., & Pendrill, A. M. (2023). ChatGPT and the frustrated Socrates. *Physics Education, 58*(3), 035021.

Grusche, S., Strahl, A., & Bölsterli Bardy, K. (2023). Expectations on Physics Textbooks. In M. F. Taşar & P. Heron (Hrsg.), *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics*. AIP Publishing Books. https://doi.org/10.1063/9780735425514_014

Guisasola, J., & Almundi, J. M. F. C. (2005). The Nature of Science and Its Implications for Physics Textbooks: The Case of Classical Magnetic Field Theory. *Science & Education*, *14*(3-5), 321–338.

Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und Ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. *Studien Zum Physik- und Chemielernen Ser: v. 223*. Logos Verlag Berlin.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C., & Reiter, K. (2019). Conceptual Coherence Maps […]. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung […]. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (pp. 161–164). Universität Regensburg.

Mahligawati, F., Allanas, E., Butarbutar, M. H., & Nordin, N. A. N. (2023, September). Artificial intelligence in Physics Education: a comprehensive literature review. *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2596, No. 1, p. 012080)*. IOP Publishing.

Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. IPN / Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. IPN.

Michal, J., & Kiss, T. (2022, September). How Covid-19 Affected the Slovak and Czech Mathematics and Physics Teachers' Use of Resources. In *International Workshop on Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online* (pp. 376-394). Cham: Springer Nature Switzerland.

Pfäfflin, A., & Schalk, L. (2022). Physikschulbücher unter der Lupe: Eine automatisierte Auswertung von Lehrtexten zum Thema Energie unter Einbezug von Expert*innen urteilen. In *Atti del 5° Convegno sulle didattiche disciplinari* (pp. 466–472). Dipartimento formazione e apprendimento – SUPSI, Svizzera / swissuniversities, Svizzera. https://doi.org/10.33683/dida.22.05.77

Slisko, J. (2023). Textbook and Curriculum Alignment. In M.F. Taşar & P. Heron (Hrsg.), *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics.* AIP Publishing Books. https://doi.org/10.1063/9780735425514_015

Gabriela Jonas-Ahrend[1] [1]Universität Paderborn
Marika Kapanadze[2] [2]Ilia State University
Alexander Mazzolini[3] [3]Swinburne University of Technology
Fadeel Joubran[4] [4]Arab Academic College for Education

Ergebnisse einer Reviewstudie zur Evaluation von Physiklehrbüchern

Physiklehrbücher - jeder kennt sie, jeder nutzt sie. Ein Physikunterricht ohne Physiklehrbuch ist kaum vorstellbar. Oder doch? Sind Physiklehrbücher, analog oder digital, noch zeitgemäß? In der sich stetig mit rasanter Geschwindigkeit verändernden digitalen Welt müssen jahrhundertelange Traditionen zum Lehren und Lernen, bewährte Theorien und Modelle, didaktische Konzepte und Bildungstheorien und nicht zuletzt auch Bildungsmedien stetig auf den Prüfstand. Ein umfassendes Werk zum *State of the Art* der physikdidaktischen Forschung ist „The International Handbook of Physics Education Research" (Tasar & Heron, 2023). In drei Bänden werden internationale Forschungen der Physikdidaktik zusammengetragen und analysiert. Allein mit Physiklehrbüchern befasst sich ein eigenständiger Teil „Physics Textbooks" mit vier Kapiteln: „Expectations on Physics Textbooks", „Textbook and Curriculum Alignment", "Analysis of Physics Textbook Content" und "Evaluation of Physics Textbooks". In diesem Beitrag steht das Kapitel zur Evaluation von Physiklehrbüchern im Mittelpunkt. Die obengenannten Ausführungen zum Handbook dienen dazu, die Entstehung des vorliegenden Beitrags zu erläutern und zur Vollständigkeit darauf hinzuweisen, dass weitere Ergebnisse über Lehrbuchforschung in den anderen drei Kapiteln zu finden sind.

Ziel der Reviewstudie zur Evaluation von Physiklehrbüchern ist es, einen Überblick über Publikationen zur Evaluation von Physiklehrbüchern zu erhalten. Physiklehrbücher sind seit jeher untrennbar mit dem Lernen und Lehren von Physik verbunden. Ihnen wird allgemeinhin eine große Rolle sowohl für die Lernenden als auch für die Lehrenden zugeschrieben. Es gibt nicht nur eine große Anzahl von Lehrbüchern, sondern auch eine Vielzahl von Forschungen über diese Lehrbücher. In dieser Reviewstudie zur Evaluation von Physiklehrbüchern wird sich an den Kategorien *Inhalt, Pädagogik* und *Präsentation* (Reints, 2013) orientiert. Zusätzlich wird als 4. Kategorie die *Nutzung* von Lehrbüchern, analog und digital, betrachtet.

Methodik Die Publikationen wurden von verschiedenen Datenbanken wie Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar etc. zusammengetragen, sowie aus den jeweiligen Referenzlisten der betrachteten Publikationen. Als Suchbegriffe wurden z.B. „physics textbooks", „physics textbooks evaluation", oder auch konkrete Themen wie z.B. „scientific literacy", „technology" und verschiedene Verknüpfungen dieser Begriffe eingegeben. Auf diese Weise sind zunächst 248 Publikationen erfasst worden. Nach Bewertung und Diskussion sind davon 126 Publikationen zur Reviewstudie herangezogen worden. Entsprechend der Vorgaben des Herausgeberteams wurden nur englischsprachige Publikationen verwendet. Das bedeutet eine breite Limitation der Studie, da einerseits Physiklehrbücher nahezu immer nur in der jeweiligen Landessprache verwendet werden und zum anderen die Publikationen nur dann in die Reviewstudie aufgenommen wurden, wenn sie in englischer Sprache vorliegen. Ausgeschlossen sind demzufolge alle national veröffentlichten und nicht englischsprachigen Publikationen.

Ergebnisse

Statistische Ergebnisse der Reviewstudie werden hinsichtlich geographischer, zeitlicher und thematischer Aspekte dargestellt. Die Publikationen kommen aus vielen Ländern der Erde von allen sechs Kontinenten und es werden Lehrbücher aller Bildungsgänge einbezogen. Aus geographischer Perspektive ergibt sich folgende Verteilung der Publikationen: Europa 34%, Nordamerika 25%, Asien 23%, Australien 10%, Afrika 4% und Südamerika 4%. Das bedeutet, dass ca. 80% der Publikationen aus Europa, Nordamerika und Asien kommen. Aus zeitlicher Perspektive ist festzustellen, dass über die Hälfte (52%) in den Jahren 2011-2021 publiziert wurden, 34% von 2001-2010, nur 14% vor 2001. Dieses Ergebnis ist begründet in der digitalen Verfügbarkeit der Publikationen, nur solche wurden zur Reviewstudie herangezogen. Hinsichtlich der betrachteten Schulform wird festgestellt, dass sich der größte Teil der Publikationen (59%) mit Lehrbüchern der Sekundarstufen befasst, und 27% mit universitären Physiklehrbüchern. Obwohl in der Grundschule das Fach Physik nicht direkt unterrichtet wird, befassen sich 14% der Publikationen mit Grundschullehrbüchern. Oftmals ist dort jedoch die Abgrenzung zu naturwissenschaftlichen Lehrbüchern, also für *science,* nicht völlig eindeutig. Die Analyse der thematischen Aspekte in den Publikationen ist der Hauptteil der Reviewstudie. Bezogen auf die fachlichen Inhalte der Physik sind Publikationen zur Mechanik am häufigsten (41%), es folgen Elektrizität und Magnetismus (26%), Optik und moderne Physik (18%), weiterhin befassen sich mit Experimenten 15% der Publikationen. Aufgrund der Vielzahl der Publikationen ist es an dieser Stelle nicht möglich, die Ergebnisse hinsichtlich der o.g. Kategorien nach Reints (2013) in diesem Beitrag darzustellen, es sei auf das Kapitel „Evaluation of Physics Textbooks“ (Kapanadze, M., Jonas-Ahrend, G., Mazzolini, A., Joubran, F., 2023) verwiesen. Einen Überblick über *key ideas* dieser Analyse, aus dem auch der Umfang und die Vielfalt ersichtlich sind, ist in Originalversion in Abbildung 1 dargestellt.

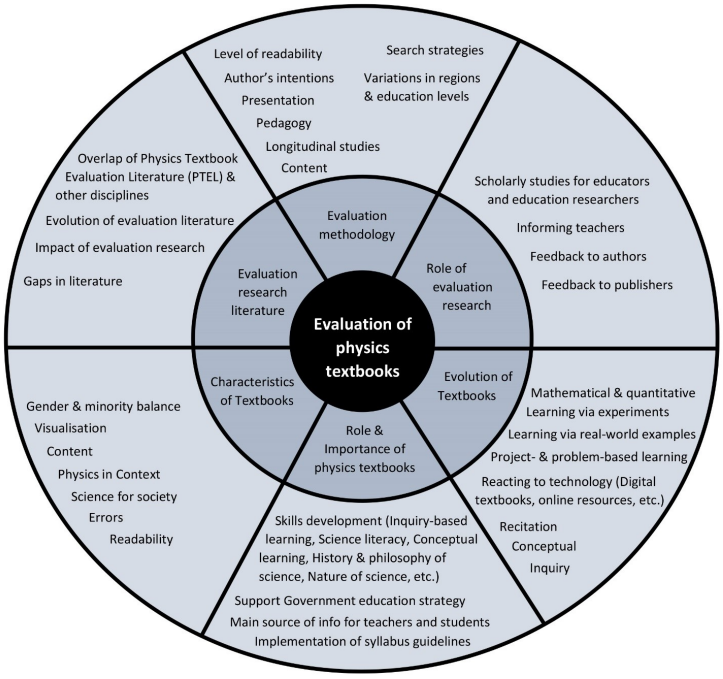


Abb. 1: „key ideas“ der Reviewstudie “Evaluation von Physiklehrbüchern”

Diskussion

Auch wenn zur konkreten Ergebnisdarstellung der Reviewstudie zu Physiklehrbüchern auf das o.g. Kapitel verwiesen werden muss, können an dieser Stelle Gesamtergebnisse diskutiert werden. Es ist schnell ersichtlich, dass mehr *systematische* Forschung zur Evaluation von Physiklehrbüchern nötig ist, um deren Bedeutung im fachdidaktischen Forschungskanon zu stärken. Weitere Aspekte sind:

- Fast alle Publikationen zur Evaluation von Physiklehrbüchern sind „single studies", es gibt nur wenige Autoren, die mehrere Publikationen zu dieser Thematik verfasst haben.
- Inhaltlich fällt auf, dass derzeit aktuelle Themen wie z. B. „Bildung für nachhaltige Entwicklung" oder „Erneuerbare Energien" nur selten in den forschungsbasierten Publikationen thematisiert werden.
- Nur selten gibt es länderübergreifende Studien. Das ist vermutlich darin begründet, dass Lehrbücher wegen ihrer Sprache nur im jeweiligen Land verwendet werden. Dennoch ist auch auf diesem Gebiet internationale Forschung denkbar.
- Es ist unklar, inwiefern Lehrkräfte die Forschungsergebnisse zur Evaluation von Physiklehrbüchern zur Kenntnis nehmen und bei der Auswahl ihrer Lehrbücher berücksichtigen. Werden sie in ihrer Ausbildung an forschungsbasierte Publikationen zu Physikbüchern herangeführt?
- Eine Studie, in der Lehrende und Lernende gleichzeitig zur Evaluation von Lehrbüchern befragt werden, ist nicht bekannt.
- Offen ist auch, ob und in welchem Umfang Lehrbuchautoren fachdidaktische Forschung über Physiklehrbücher zur Kenntnis nehmen und beim Erstellen neuer Lehrbücher berücksichtigen.

Insbesondere wegen der facettenreichen Bedeutung, die Physiklehrbücher im digitalen Zeitalter, in Zeiten mit hybriden Lehr- und Lerngelegenheiten, und nicht zuletzt mit den (nahezu) unbegrenzten Möglichkeiten der Anwendung der Künstlichen Intelligenz haben, müssen neue Kriterien für die Evaluation von Physiklehrbüchern entwickelt werden. Eine begriffliche Ausweitung des Forschungsgebietes auf die „Evaluation von *Unterrichtsmaterialien"* ist durchaus denkbar, da die Zukunft des traditionellen Schulbuchs, auch in seiner digitalen Form, als ungewiss angesehen werden kann.

Literatur

Kapanadze, M., Jonas-Ahrend, G., Mazzolini, A., Joubran, F. (2023): Evaluation of Physics Textbooks. In: Tasar, M. F., Heron, P. R. L. (Eds.). The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics. AIP Publishing, Melville, New York, 17-1 – 17-30

Ogan-Bekiroglu, F. (2007). To what degree do the currently used physics textbooks meet the expectations? Journal of Science Teacher Education, 18(4), 599-628

Reints, A. (2013). What works and why? Educational publishing between the market and educational science. In: Sikorova, Z., Horsley, M., Garcia, T. B., & Rodríguez, J. R. Textbooks and Educational Media in a Digital Age. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Research on Textbooks and Educational Media, 18-20 September 2013, 15-31)

Tasar, M. F., Heron, P. R. L. (Eds.) (2023). The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics. AIP Publishing, Melville, New York https://doi.org/10.1063/9780735425514

Schweizer Malte[1]
Schanze Sascha[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Webbasierte Angebote zur Unterstützung des Chemieunterrichts – Eine Bestandsaufnahme

Motivation zur Bestandsaufnahme

Für Lehrkräfte stellt das WorldWideWeb einen vielfältigen Möglichkeitsraum zur Vorbereitung und Gestaltung von Unterrichtsangeboten dar. Innerhalb dieses Möglichkeitsraumes lässt sich auf eine zunehmende Anzahl von Inhalten zurückgreifen, welche inhaltlich eine Ergänzung zu bisherigen Gestaltungselementen, wie dem Schulbuch bedeuten. Über leitfadengestütze Interviews zur Beschreibung von Funktions- und Begründungsmustern als Tiefenstrukturen zum Einsatz dieser Gestaltungselemente als Teil eines Unterrichtsangebotes (Schweizer & Schanze, i.V.) wurde unter anderem festgestellt, dass Lehrkräfte hinsichtlich der Recherche und der Nutzung webbasierter Inhalte Überforderungsgefühle beschreiben. Lehrkräfte berichten davon, dass „[...] *die Auswahl an Inhalten im Internet zu groß*." sei. „*Bei kostenlosen Anbietern muss ich erst suchen und 80% aussortieren*" (ebd.). Diese und vergleichbare Äußerungen begründen die Motivation hinter der Bestandsaufnahme für folgende **Fragestellung:** *Welche webbasierten Lehr-Lern-Materialien zur potentiellen Gestaltung eines Unterrichtsangebotes für das Fach Chemie in der SEK I & II werden im Rahmen einer systematischen Recherche gefunden*?

Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Lehr-Lern-Materialien, seien es analoge Medien wie das Schulbuch oder webbasierte Inhalte, werden als Teil eines Unterrichtsangebotes von verschieden Faktoren beeinflusst. Ein Modell, über das sich Einzel- und Einflussfaktoren solcher Angebotsstrukturen beschreiben lassen, ist das Angebot-Nutzungs-Modell (Helmke, 2009; Seidl, 2014). Innerhalb dieses Modells werden Lehr-Lern-Materialien dem Bereich der Angebotsstrukturen, konkret den Lehrprozessen, zugeordnet und sind potentielle Gestaltungs- bzw. Teilelemente eines Unterrichtsangebots. Für ein fruchtvolles Unterrichtsangebot sind verschiedene Kontextfaktoren, wie der Kontext der Klasse, zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Kontextberücksichtigung bergen strikt lizensierte und vorstrukturierte Materialien, wie Verlagsmaterialien oder Schulbücher, das Risiko diese 1:1 ohne Anpassung an den jeweiligen Kontext zu implementieren. In diesem Fall kann es dazu kommen, dass das Lehrmittel und nicht zu beachtende Kontextfaktoren den Unterrichtsverlauf bestimmt. Aufgrund der leichten Zugänglich-, Adaptierbar- und Teilbarkeit bietet der webbasierte Möglichkeitsraum eine Vielzahl didaktischer Kommunikate, die flexibel als Elemente eines Unterrichtsangebotes eingesetzt werden könnten (Schweizer & Schanze, i.V.; Emden & Härtig, 2018). Insbesondere freilizensierte adaptierbare Inhalte wie OER bieten die Chance für jeden möglichen Kontext ein passendes Kommunikat zu erhalten. Abgesehen von kleineren Sammlungen (z.B. Achtermann, 2021; Krause, Sieve, Schneeweiß, 2020; oder Sieve & Schanze, 2015) sind systematische Betrachtungen des webbasierten Möglichkeitsraumes für das Fach Chemie rar. Fächerübergreifende Bestandsaufnahmen (Neumann, 2015; 2016; Gössi et al., 2018) hingegen bieten keine gezielte fachspezifische Darstellung und greifen in der Regel nicht auf rezente Repositorien zurück. Diesem Desiderat begegnet die vorliegende Studie. Darüber hinaus wird fächerübergreifend ein positiver Wachstum für den gesamten

webbasierten Möglichkeitsraum prognostiziert (Neumann, 2015; 2016), was die eingangs erläuterte Motivation unterstreicht.

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die Rechercheprozesse bestehender Bestandsaufnahmen (Neumann, 2015, 2016) adaptiert, um den chemiespezifischen Möglichkeitsraum zu beschreiben. Hierbei waren sowohl freie als auch lizensierte und kostenpflichtige Materialien Ziel des Suchprozesses. Die systematische Recherche besteht aus drei Prozessen: 1. einer *Recherche über Suchmaschinen (Google, Bing),* 2. einem *Sternenlauf* (verfolgen von Hyperlinks bis zur Erschöpfung) und als Erweiterung der Recherche 3. einer *Datenbankrecherche* (15 Datenbanken). Für die Beleuchtung des webbasierten Möglichkeitsraumes wurden breite Suchanfragen formuliert, wie beispielsweise „*Unterrichtsmaterialien* AND *Chemieunterricht*" und Abbruchkriterien festgelegt (z.B. Neumann 2015). Im Zuge der *Recherche über Suchmaschinen* und dem *Sternenlauf* wurden 594 Webdomains gesichtet und angelehnt an PRISMA (Page, 2021) aufgearbeitet. Die Domains wurden hinsichtlich der Kriterien *Fachbezug Chemie*, *Inhalte für die Sekundarstufe* sowie *deutschsprachig* selektiert (IRR= 89,02%; Cohen's κ=0,67). Insgesamt wurden so 119 Webdomains inkludiert und in einem weiteren Schritt auf die angebotene Zahl der Inhalte gescreent sowie hinsichtlich der Zielgruppe, Zugänglichkeit, Lizensierung und didaktischer Hinweise kategorisiert (IRR = 87,09%; Cohen's κ=0,78) (Mayer-Simmet 2020).

Ergebnisse

Im Zuge der Inhaltssichtung der 119 Webdomains wurden insgesamt 26.864 Materialeinträge für das Fach Chemie im Bereich der Sekundarstufen festgestellt, von denen 13.767 kostenfrei und 13.079 kostenpflichtig sind. Über die erweiterte Datenbankrecherche konnten 35.745 Einträge, von denen 14.869 als OER lizensiert sind, beschrieben werden. Die Ergebnisse wurden mit denen von Neumann (2016) vor dem Hintergrund der Wachstumsprognose in Vergleich gesetzt. Neumann (2016) betrachtete ausschließlich kostenlose Materialien, unter welchen auch OER subsummiert wurden und beschreibt für das Fach Chemie 35 Anbieter (Domains) kostenloser Inhalte mit 8.863 Materialien. In der vorliegenden Studie wurden 82 Anbieter kostenloser Inhalte mit 13.767 Materialien festgestellt. Dies entspricht einem Wachstum der Anbieterzahl um 134,30% und 55,33% für die Anzahl der Materialeinträge. Durch die Art der Recherche sind die Ergebnisse beeinflusst von Algorithmizität und Redundanzen, zudem wurden Social-Media-Kanäle, wie das Twitter(X)-Lehrerzimmer oder WhatsApp-Gruppen nicht berücksichtigt. Diese Limitationen betreffen jedoch vergleichbare Arbeiten (Neumann, 2015; Mayer-Simmet, 2020), weshalb durch den Vergleich mit Neumann (2015, 2016), die formulierte Wachstumsprognos für den Fachbereich Chemie bestätigt werden kann. Neben der quantitativen Betrachtung des webbasierten Möglichkeitsraumes zeigt die Einordnung der Webdomains als Anbieter didaktischer Kommunikate (s. Abbildung 1), dass der Großteil der Anbieter (N=80) Lehrkräfte als Zielgruppe fokussiert. Hinsichtlich der Integration webbasierter Inhalte nimmt die Zugänglichkeit als Grundvoraussetzung der Nutzbarkeit eine wichtige Rolle ein (Mayer-Simmet, 2020). Hierfür konnte festgestellt werden, dass zum Zeitpunkt der Einordnung 82 der Anbieter ihre Inhalte grundsätzlich kostenfrei und ohne Anmeldung anbieten. Demgegenüber stehen 37 Anbieter mit beschränkter Zugänglichkeit. Für den flexiblen und rechtlich sicheren Einsatz webbasierter Inhalte im Unterricht ist die Form der Lizensierung auschlaggebend. Es wurde festgestellt, dass 38 der Anbieter Inhalte mit CC-Lizenz oder

einem Äquivalent bereitstellen. Der Großteil der Anbieter (N=81) weist striktere Lizensierungen auf, von denen 24 explizit die Nutzung im unterrichtlichen Rahmen gestatten.

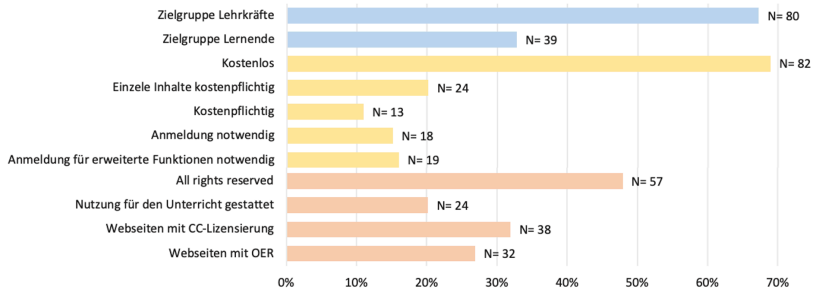


Abb. 1: Kategorisierungsausschnitt Webdomains – Zielgruppe (blau), Zugänglichkeit (gelb), Lizensierung (rot)

Diskussion und Implikationen

Die hohen Eintragszahlen und heterogene Lizensierungssituation stützen das Überforderungsgefühl der Lehrkräfte und bestätigen die Wahrnehmung einer „*zu großen Auswahl an Inhalten*“, insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Ergebnisse von Neumann bereits als unübersichtlich eingeordnet wurden (Emden & Härtig, 2018). Mit Blick auf die jeweiligen Eintragszahlen steht Lehrkräften, egal ob sie eine Recherche über Datenbanken oder klassische Suchmaschinen vornehmen, ein großer Möglichkeitsraum zur Verfügung, in dem sie Recherchieren und für jedes Material sowie Kontext Entscheidungen für oder gegen scheinbar gleichwertige Inhalte treffen können. Hinzu kommt, dass dieser Prozess gleichermaßen im Vergleich mit bisherigen Gestaltungselementen (Schulbücher, etc.) erfolgt.

Eine wichtige Frage, sowohl für die fachdidaktische als auch für die unterrichtspraktische Community, ist: *Wie gehen wir mit einem wachsenden Möglichkeitsraum um*? Wie gehen wir als fachdidaktische Community damit um, dass potenziell relevante Inhalte in einen Möglichkeitsraum veröffentlicht aber nicht wahrgenommen werden? Wie kann dieser Möglichkeitsraum strukturiert sein, damit Lehrkräfte effizient und aktiv qualitativ hochwertige Inhalte für alle möglichen Unterrichtskontexte finden, nutzen oder teilen können? Hinsichtlich der Entfaltung der Potentiale freier Materialien, insbesondere OER, wird über Aussagen von Lehrkräften Handlungsbedarf indiziert; beispielweise „*Ich nutze lieber MeinUnterricht.de, da ist alles gebündelt mit guter Suchfunktion. Bei kostenlosen Anbietern muss ich erst suchen und 80% aussortieren.*“. Aufgrund des Einflusses von Peers und Communitys of Practice (CoP) (Sundqvist et al. 2021), stellen die Mechanismen der gemeinsamen Gestaltung eine Chance zur Weiterentwicklung und Qualitätssicherung webbasierter Inhalte dar. Mit Plattformen, wie WirLernenOnline oder Twillo sind diese Mechanismen über Metadaten, Kurationsprozesse uvm. bereits angelegt, bedürfen aber der Vernetzung und Ausgestaltung durch eine CoP (Wannemacher et al. 2023). Hier ist also Forschung und Praxis gefragt, damit die Potentiale des webbasierten Möglichkeitsraumes optimal genutzt werden!

Ein hieran anschließendes Vorhaben, zur Unterstützung von Lehrkräften bei Recherche- und Bewertungsprozessen, kann eine strukturierte Sammlung der identifizierten Anbieter darstellen. Versehen mit didaktischen Kommentaren, Informationen zu OER, Hinweisen zu CoP und weiteren Hilfen würde Lehrkräften so eine Möglichkeit der Entlastung geboten. In Anbetracht eines wachsenden Möglichkeitsraumes und der Fluktuation webbasierter Inhalte stellt solch eine Sammlung nur eine erste Hilfestellung dar.

Literatur

Achtermann, K. *(2021). Links für Lehrkräfte. https://trello.com/b/RCEMZp5r/links-für-lehrkräfte [zuletzt Abgerufen: 03.09.23]*

Eickelmann, B., Bos, W., Labusch, A. (2019). Die Studie ICILS 2018 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven. In: Eickelmann, et al. (Hrsg.): *ICILS 2018 Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking. Waxmann, Münster, New York, 7–32.*

Emden, M. & Härtig, H. (2018). Ad fontes: Lehrkräftebildung zum naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten neu denke, Wie können Lehrkräfte beim Lernen für den eigenen Unterricht unterstützt werden. In K. Groß & A. Schumacher (Hrsg.), Einblicke in die chemiedidaktische Forschung zu den Schwerpunkten individuelle Förderung und naturwissenschaftliches Arbeiten. Festschrift anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. Ch. S. Reiners (S. 51-70). In Elektronische Schriftenreihe der Universitäts- und Stadtbibliothek Köln, Band 12. Köln: USB Köln.

Fey, C.-C. (2017). Das Augsburger Analyse- und Evaluationsraster für analoge und digitale Bildungsmedien. Eine Einführung. In E. Matthes & C.-C. Fey (Hrsg.), Das Augsburger Analyse- und Evaluationsraster für analoge und digitale Bildungsmedien (AAER). Grundlegung und Anwendungsbeispiele in interdisziplinärer Perspektive (S. 15–46). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Helmke, A (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Franz Emanuel Weinert gewidmet. Neubearb., 1. Aufl. - Seelze-Velber: Kallmeyer u.a. (2009), 436 S. - ISBN: 3-7800-1009-7; 978-3-7800-1009-4.

Krause, A., Sieve, B. & Schneeweiß, N. (2021). Online Zusatzmaterial zum Themenheft Unterricht Chemie: Unterricht digital unterstützen. 2020. (177/178). DOI: 10.13140/RG.2.2.10297.31841/3

Neumann, D. (2015). Bildungsmedien Online - Kostenloses Lehrmaterial aus dem Internet: Marktsichtung und empirische Nutzungsanalyse. In B. Aamotsbakken, M. Depaepe, C. Heinze, E. Matthes, & W. Wiater (Hrsg), *Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuch. und Bildungsmedienforschung*. Bad Heilbrunn:Verlag Julius Klinkhardt.

Neumann, D. (2016). *Open Educational Resources (OER) oder Kostenloses Lehrmaterial aus dem Internet. Marktanalyse 2016 und Aktualisierung der Diskussion.* URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-126715 - DOI: 10.25656/01:12671

Page MJ et al. (2021). BMJ 2021; 372 doi: https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Schweizer, M. & Schanze, S. (in Vorbereitung). Lehr-Lern-Materialien für den Chemieunterricht – Wie groß ist der webbasiere Möglichkeitsraums zur Gestaltung chemiespezifischer Unterrichtsangebote?

Seidel, Tina: Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie. Integration von Struktur- und Prozessparadigma - In: Zeitschrift für Pädagogik 60 (2014) 6, S. 850-866 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-146864 - DOI: 10.25656/01:14686

Sieve, B. & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (2015) 145, S. 2-7

Sundqvist, K., Korhonen, J. & Eklund, G. (2021). Predicting Finnish subject-teachers' ICT use in Home Economics based on teacher- and school-level factors. Education Inquiry, 12(1), 73–93. https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1778609

Mayer-Simmet, O. & Heiland, T. (2021). Open Educational Resources" im Geschichtsunterricht Studienkurs mit Lehr-Lern-Material (1. Auflage) . Julius Klinkhardt DOI: 10.36198/9783838556161

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. et al. Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN 25, 115–129 (2019). https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Wannemacher, K., Stein, M. & Kaemena, A. (2023). Offene Bildungsstrukturen – Anforderungen an eine OER förderliche IT Infrastruktur. HIS-Forum.

Sebastian Tassoti[1] [1]Universität Graz

Wie löst ChatGPT eine Aufgabe zur Säure-Base-Chemie?

Künstliche Intelligenz (KI) hat im letzten Jahr einen regelrechten Aufmerksamkeitshype erfahren. Im Bildungsbereich wurde vor allem die Sprachgenerierungssoftware ChatGPT von OpenAI seit ihrer Veröffentlichung medial kontrovers diskutiert, und auch erste wissenschaftliche Studien ergründen Stärken und Schwächen der KI (Adiguzel et al., 2023; Farrokhnia et al., 2023; Kasneci et al., 2023). Im Bereich der Chemie und des Chemieunterrichts wurde neben vielen möglichen Anwendungsbereichen (Emenike & Emenike, 2023; Exintaris et al., 2023; Humphry & Fuller, 2023) allerdings auch festgestellt, dass ChatGPT zu fachlichen Fehlern bei der Verwendung chemischer Konzepte neigt (Leon & Vidhani, 2023; Tyson, 2023). Um das Potential für mögliche Anwendungen im Bildungskontext im Fach Chemie erschließen zu können ist es notwendig unser Verständnis davon, wie die Software mit Aufgaben in der Chemie umgeht, zu schärfen. Dieser Beitrag gibt erste Einblicke, inwiefern ChatGPT eine Aufgabe zur Säure-Base-Chemie aus österreichischen Chemie-Schulbüchern der Sekundarstufe II lösen kann. Basierend darauf werden Anwendungsmöglichkeiten für die KI im Kontext Chemieunterricht abgeleitet.

Methode

Für die von ChatGPT zu lösende Aufgabenstellung wurde das Buch „ELMO - Elemente und Moleküle“ vom öbv-Verlag herangezogen, eines der meistverwendeten österreichischen Schulbücher im Chemieunterricht (Magyar et al., 2020). Als Thema wurde die Säure-Base-Chemie gewählt. Die Eingabe einer Aufgabenstellung erfolgt als Text, die Beantwortung verlangt allerdings neben Text auch Formelzeichen und Reaktionssymbole. Die genaue Eingabe lautete *„Erstelle die Säure-Base-Reaktion und die vollständige Gleichung (= Ergänzung der an der Reaktion unbeteiligten Gegenionen), markiere die Gleichgewichtslage [und berechne pK.] Stoff 1 und Stoff 2 reagieren in Wasser.“ (Magyar et al. 2020, S. 112)*. In acht Unterpunkten waren jeweils 2 Stoffe angegeben, die an der Reaktion beteiligt sein sollen. Da bereits gezeigt wurde, dass ChatGPT derzeit nicht zuverlässig rechnen kann (Tyson, 2023) wurde die Rechen-Teilfrage (in eckigen Klammern) nicht gestellt. Jeder der 8 Unterpunkte wurde 5-fach als Prompt an ChatGPT 3.5 gegeben (n = 40). Verwendet wurde die gratis Onlineversion, weil sie zugänglich für die Öffentlichkeit ist und daher am wahrscheinlichsten von Schüler:innen verwendet wird. Die Prompts wurden jeweils in einem neuen Chatfenster gestellt, da der Kontext innerhalb eines Chats die Antworten von ChatGPT verändert. Alle Antworten wurden hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit analysiert. Dafür wurde die Lösungserwartung des Schulbuchs mit zwei Lehrpersonen aus der Praxis und drei Fachchemiker:innen der Uni Graz diskutiert und validiert. Die Antworten wurden außerdem qualitativ in Anlehnung an Kuckartz analysiert und es wurden induktiv Kategorien gebildet.

Ergebnisse

Auf allgemeiner Ebene hat sich gezeigt, dass bei Eingabe der Fragestellung als Text ohne Formelsymbole trotzdem in keiner Antwort die Wortgleichung für die Säure-Base-Reaktion gegeben wurde. Stattdessen wurden immer die reagierenden Stoffe in Formelsymbole umgewandelt. Es konnte außerdem festgestellt werden, dass ChatGPT nur in circa 25 % aller

Antworten eine korrekte Indexierung verwendet hat. Stellt man eine Frage und verwendet Formelsymbole mit korrekter Indexierung, antwortet ChatGPT grundsätzlich auch mit richtig verwendeten Indices. Eine weitere Beobachtung war, dass nur rund die Hälfte aller Antworten einen Gleichgewichtspfeil anstelle eines gerichteten Reaktionspfeils enthielten, obwohl im Prompt das Wort „Gleichgewichtslage“ vorkommt. Insgesamt zeigten die meisten Antworten von ChatGPT auch Gemeinsamkeiten im Lösungsweg auf. Eine typische Antwort enthielt dabei die Bausteine Identifikation der Säure und der Base, eine Brutto- und eine Nettogleichung, eine Erklärung über den Verlauf der Reaktion und eine Aussage zum Gleichgewicht in der Reaktion. Der einzige Baustein, der in jeder Antwort der KI vorkam, war dabei die Reaktionsgleichung.

Bearbeitung der Buchangabe

ChatGPT identifizierte in 27 von 40 Antworten die an der Reaktion beteiligte Säure und Base korrekt, während in 13 Antworten keine Aussage dazu getroffen wurde. Dabei wurden in 25 Antworten sowohl Säure und Base korrekt erkannt. Einmal wurden beide Stoffe als Säure erkannt, und bei einer Antwort gab ChatGPT an, dass es sich nicht um eine Säure-Base-Reaktion handle. Der akzeptablen Lösungsrate von rund zwei Drittel (26 aus 40) korrekten Antworten bei der Nettogleichung im ersten Antwortteil stand eine deutlich schlechtere Rate an korrekten Bruttogleichungen im zweiten Antwortteil von circa einem Drittel (15 aus 40) gegenüber (siehe Abbildung 1).

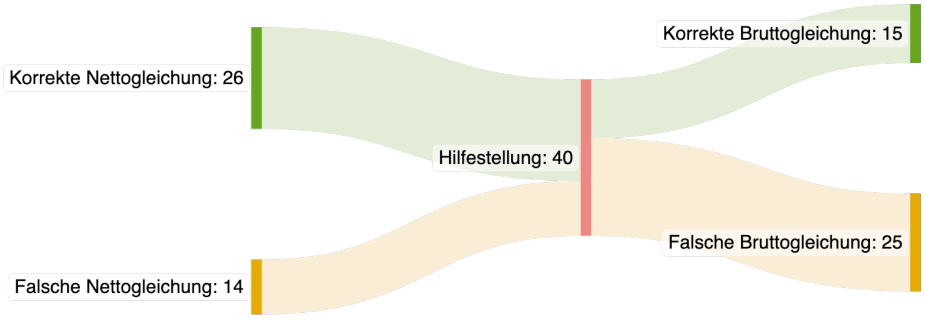


Abb. 1. Korrekte Nettogleichungen in der Antwort von ChatGPT ergeben nicht-korrekte Bruttogleichungen in derselben Antwort/Lösung.

Für die ablaufende Reaktion gab ChatGPT in 32 von 40 Fällen eine Erklärung, wobei davon 16-mal gar kein Säure-Base-Konzept verwendet wurde, sondern der Verlauf der Reaktion lediglich beschrieben wurde. Insgesamt 12-mal wurde das Brønsted-Konzept zur Erklärung verwendet, wobei es nur 9-mal korrekt angewendet wurde, und 4-mal wurde das Lewis-Konzept angewendet – ohne einen Fehler. Die Lage des Gleichgewichts wurde nur in 5 Antworten korrekt vorhergesagt. In weiteren 3 Antworten wurde die falsche Seite vorhergesagt und 4-mal behauptete die Software, es handle sich nicht um eine Gleichgewichtsreaktion. In den restlichen Antworten wurde entweder lediglich das chemische Gleichgewicht allgemein erklärt (15-mal), behauptet die Lage des Gleichgewichts hänge von anderen Faktoren wie Druck, Temperatur und Konzentration ab (11-mal) oder, dass das Vorliegen eines Gleichgewichtspfeils anzeige, dass es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handle (15-mal). In manchen Antworten kamen auch mehrere dieser Erklärungen vor.

Diskussion

Um die Fragestellung aus dem Schulbuch zu beantworten, muss ChatGPT in mehreren Erklärungsbausteinen mit chemischem Wissen argumentieren. Während gezeigt wurde, dass die Erkennung von Säure und Base nahezu fehlerfrei funktioniert, sind die Ergebnisse in allen anderen Bereichen durchwachsen. Das Weglassen von Indexierung und Gleichgewichtspfeil bei einer Gleichgewichtsreaktion stellen Fehler dar, die bei Schüler:innen mindestens als Ungenauigkeit ausgelegt werden würden – wenn man ChatGPT allerdings zuvor mit einer korrekt indexierten Reaktionsgleichung anlernt, lässt sich zumindest dieser Fehler umgehen. Beim Aufstellen der Säure-Base-Reaktion zeigt sich dann aber, dass die KI kein „chemisches Verständnis" hat. Unter Einbeziehung der Hilfestellung *„Ergänzung der Gegenionen"* verschlechtert sich die Lösungsquote von circa zwei Drittel korrekten Antworten bei der Nettogleichung auf ein Drittel korrekte Antworten bei der Bruttogleichung innerhalb derselben Antwort. Fehler treten hier vor allem deswegen auf, weil ChatGPT anstelle von Ionen oft einfach Wasser ergänzt, wodurch sogar zwei zuvor falsche Antworten korrekt werden. Hier zeigt sich, dass die Software kein „echtes chemisches Verständnis" hat: der Versuch der Interpretation der Anweisung endete einmal sogar darin, dass in der symbolischen Gleichung das Wort Gegenionen ergänzt wird. Es hat sich auch gezeigt, dass ChatGPT anstatt der Verwendung eines Säure-Base-Konzeptes wortreich beschreibt, dass eine Säure mit einer Base reagiert, ohne in der Erklärung präzise zu werden. In den Antworten wird außerdem das Brønsted-Konzept häufiger zur Erklärung als das Lewis-Konzept verwendet. Hier wird nur die Formulierung „Protonen werden abgegeben" begrenzt verwendet, ohne zu überprüfen, ob nun die Säure oder die Base Protonen abgibt.

Zuletzt deuten die Probleme der KI mit der korrekten Vorhersage des Gleichgewichts auf Probleme beim „Verständnis" hin. Eine typische Antwort war hier *„Der Gleichgewichtspfeil markiert das Gleichgewicht*." – hier kann man die wörtliche Interpretation des Operators *„markiere"* als Auslöser für die Lösungsschwierigkeiten sehen. Bei der Validierung der Aufgaben mit Lehrpersonen aus der Praxis wurde bereits bemängelt, dass Schüler:innen mit dieser Aufgabe auch aufgrund dieser Formulierung Probleme haben. Probleme der KI bei der Beantwortung einer Fragestellung könnten also eventuell Rückschlüsse darauf zulassen, wo Schüler:innen ebenfalls Schwierigkeiten haben könnten, und damit Lehrpersonen in der Praxis ein nützliches Tool zur Vorüberprüfung von Aufgabenstellungen sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die KI ChatGPT kein „echtes Verständnis" (inwiefern man von Verständnis reden kann, muss noch diskutiert werden!) chemischer Vorgänge im Kontext der Säure-Base-Chemie hat und die Schulbuchaufgaben nicht zuverlässig lösen kann. Die Antworten der Software werden mithilfe von Wahrscheinlichkeitsmodellen aufgrund einer nicht exakt bekannten Datenbasis ausgegeben, weswegen einige Fehler gehäuft auftreten können. Wenn Antworten der KI nicht zufriedenstellend sind, kann man aber auch über sogenanntes Prompt Engineering bessere Antworten erhalten. Die präsentierten Ergebnisse legen nahe, dass Prompt Engineering für die produktive Verwendung von ChatGPT im Kontext des Faches Chemie notwendig ist, um eher fachlich korrekte Antworten zu erhalten. Wir konnten bereits erste Erfolge mit einem wissenschaftlich geleiteten Prompt Engineering erzielen. Dieses Vorgehen wird insbesondere für die Arbeit mit Schüler:innen förderlich sein. Erste Daten aus unserer Arbeit mit Schüler:innen zeigen, dass rund die Hälfte der Lernenden zur Lösung von Aufgaben mit ChatGPT die Angabe als solche als Prompt abtippt (Publikation in Vorbereitung). Ein moderierender Umgang mit der KI könnte Schüler:innen dabei auf eine transformierte Arbeits- und Lebenswelt, in der Unterstützung durch und Arbeit mit KI-Assistenten immer mehr Einzug erhalten werden, vorbereiten.

Literatur

Adiguzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. In *Contemporary Educational Technology* (Vol. 15, Issue 3). Bastas. https://doi.org/10.30935/cedtech/13152

Emenike, M. E., & Emenike, B. U. (2023). Was This Title Generated by ChatGPT? Considerations for Artificial Intelligence Text-Generation Software Programs for Chemists and Chemistry Educators. *Journal of Chemical Education*, *100*(4), 1413–1418. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00063

Exintaris, B., Karunaratne, N., & Yuriev, E. (2023). Metacognition and Critical Thinking: Using ChatGPT-Generated Responses as Prompts for Critique in a Problem-Solving Workshop (SMARTCHEMPer). *Journal of Chemical Education*, *100*(8), 2972–2980. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00481

Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2023). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846

Humphry, T., & Fuller, A. L. (2023). Potential ChatGPT Use in Undergraduate Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, *100*(4), 1434–1436. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00006

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Leon, A. J., & Vidhani, D. (2023). ChatGPT Needs a Chemistry Tutor Too. *Journal of Chemical Education*, *100*(10), 3859–3865. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00288

Magyar, R., Liebhart, W., Jelinek, G., Faber, W., & Strnad, A. (2020). *EL-MO Elemente und Molekül, Schülerbuch*. öbv.

Tyson, J. (2023). Shortcomings of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, *100*(8), 3098–3101. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00361

Erika Knack Universität Duisburg-Essen
Vanessa Fischer
Maik Walpuski

Untersuchung einer chemie-spezifischen Learning Progression für die SII

Theoretischer Hintergrund

In der kognitiven und pädagogischen Psychologie wird oft betont, dass Lernen in der Regel kumulativ erfolgt (Lee, 2012). Insbesondere in Fächern, die stark hierarchisch strukturiert sind, ist eine sukzessive Wissensentwicklung wesentlich (Fischer et al., 2006). Um anschlussfähiges Lernen zu fördern, sollten neue Wissenselemente an schon bestehende Wissensstrukturen anknüpfen (Fischer et al., 2006). Bei der Entwicklung der Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife wurde im Sinne kumulativen Lernens die Anschlussfähigkeit an die Vorgaben für den Mittleren Schulabschluss berücksichtigt (KMK, 2020). Ein vertieftes Verständnis und eine Vernetzung von chemischen Sachverhalten soll unter Verwendung von Basiskonzepten gefördert werden (KMK, 2020). Allerdings wird nicht beschrieben, wie die erforderliche Vernetzung durch kumulatives Lernen erreicht werden kann. Diesbezüglich stellt eine Learning Progression ein geeignetes Modell dar, den kumulativen Erwerb chemischer Sachverhalte darzulegen. Learning Progressions beschreiben mögliche Lernwege, Konzepte (Kernideen) kumulativ über einen bestimmten Zeitraum zu erwerben (Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2007). Die hypothetisch angenommenen Lernwege können mithilfe von Strand Maps dargestellt werden. Strand Maps bilden die Abhängigkeiten zwischen den Kernideen und damit die Richtung der Lernwege mit Pfeilen schrittweise ab (AAAS, 2007), und machen somit die systematisch-hierarchische Reihenfolge der Kernideen deutlich. Für die SI wurden bereits chemie-spezifische Learning Progressions entwickelt und validiert (z. B. Celik, 2022; Weber, 2018). Dagegen wurden noch keine chemie-spezifische Learning Progression für die SII validiert.

Ziele

Bislang ist noch keine validierte Learning Progression vorhanden, die die sukzessive Wissensentwicklung im Übergang von der SI zur SII oder innerhalb der SII im Fach Chemie verdeutlicht. Ziele des Projekts sind daher zum einen die Entwicklung und fachliche Validierung einer chemie-spezifischen Learning Progression für die SII mit Fokus auf Inhalt und Struktur und zum anderen die empirische Validierung der Learning Progression mit Fokus auf die angenommenen Lernwege im Konzept der chemischen Reaktion.

Studiendesign

Um den Zielen nachzugehen, wurden auf Basis der Bildungsstandards und unter Zuhilfenahme von Lehrplänen, Schulbüchern und Fachbüchern chemie-spezifische Kernideen für alle drei Basiskonzepte der SII erarbeitet. Analog zu Celik (2022) wurde jede einzelne Kernidee in einem Satz prägnant beschrieben und durch Aspekte, die für das Verständnis der Kernidee in ihrer Gänze notwendig sind (Erwartungen) bzw. noch nicht zwingend notwendig sind (Grenzen) sowie typische Schülerfehlvorstellungen konkretisiert. Anschließend wurden die formulierten Kernideen für die SII untereinander und mit Kernideen für die SI (Celik, 2020) in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge vernetzt. Diese Vernetzung wurde analog zu AAAS (2007) und Celik (2022) in einer Strand Map dargestellt. In einem iterativen Prozess

erfolgte eine fachliche Überprüfung und Überarbeitung der beschriebenen Kernideen sowie deren Vernetzung durch eine Expertengruppe aus Lehrkräften und Fachdidaktikern (*N*=7). Die empirische Validierung der hypothetisch angenommenen Lernwege erfolgte exemplarisch für die Kernideen des Basiskonzepts Chemische Reaktion, die mit Kernideen der SI und innerhalb der SII vernetzt sind. Dafür wurden zu jeder dieser Kernideen auf Grundlage von fachlichen Überlegungen und der zugrunde liegenden Erwartungen sechs Multiple-Choice Single-Select Items entwickelt. Diese wurden in einem Multi-Matrix-Design in allen drei Jahrgängen der SII sowie an der Universität eingesetzt und mittels Item-Response-Theorie ausgewertet. Die Testheftgestaltung erfolgte dabei unter Berücksichtigung der angenommenen Lernwege. Demnach enthielten die Testhefte immer Items von in Abhängigkeit stehenden Kernideen. Nach der Überprüfung der Testgüte konnten die angenommenen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen mittels McNemar-Tests untersucht werden. Dazu wurde eine Kernidee als verstanden gewertet, wenn mindestens vier der sechs Items[1] richtig bearbeitet wurden. Basierend auf diesen Daten wurden anschließend die Abhängigkeiten zwischen je zwei Kernideen auf Signifikanz überprüft.

Ergebnisse

Im Rahmen der Expertenvalidierung fanden mehrere ganztägige Treffen statt, bei denen für jede Kernidee die Formulierung der Kernidee, die Erwartungen, Grenzen sowie Schülerfehlvorstellungen überprüft und ggf. angepasst wurden, bzw. bei Bedarf neue Kernideen formuliert wurden. Von den 75 für die SII als wichtig erachteten Kernideen können 13 Kernideen dem *Energiekonzept*, 23 Kernideen dem *Konzept der chemischen Reaktion* und 39 Kernideen dem *Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen* zugeordnet werden. Nach Finalisierung der Kernideen wurden diese miteinander sowie mit Kernideen für die SI vernetzt - es liegen keine Kernideen unvernetzt vor. Die Vernetzung wurde von der Expertengruppe unter Bezugnahme der Erwartungen der einzelnen Kernideen fachlich validiert. Um in einem nächsten Schritt die angenommene hierarchische Struktur und die Vernetzungen empirisch zu überprüfen, wurde zunächst die Testgüte des entwickelten Testinstrumentes (N_{Items}= 184[2]) mithilfe eines eindimensionalen Rasch-Modells untersucht. Die Ergebnisse zeigen zufriedenstellende Kennwerte auf (Rel_{Item}=.89, $Rel_{Personen}$=.86, .83≤Infit-MNSQ≤1.25), weshalb weitere Analysen auf Grundlage der Items möglich sind. Von einer inhaltlichen Validität der Items kann ausgegangen werden, da diese auf Grundlage der Erwartungen einer Kernidee entwickelt wurden. Ein Vergleich der Anzahl der Kernideen, die im Durchschnitt pro Testheft verstanden wurden, zeigt, dass es zwischen Einführungsphase (*N*=177), Qualifikationsphase 1 (*N*=114) und 2 (*N*=131) sowie Studienphase (*N*=63) signifikante Unterschiede mit starkem Effekt gibt ($F(3, 203.883) = 84.963$, $p < .001$, $\eta^2 = .291$). Eine post-hoc-Analyse mit Bonferroni-Korrektur verdeutlicht, dass sich die Qualifikationsphase 1 und 2 nicht signifikant unterscheiden, während sich signifikante Unterschiede zwischen der Einführungsphase, Qualifikationsphase und Studienphase zeigen (p<.001).

Insgesamt wurden mit dem McNemar-Test 17 Abhängigkeiten zwischen Kernideen der SI und SII und 19 Abhängigkeiten zwischen den Kernideen innerhalb der SII auf Signifikanz überprüft. Von den 36 hypothetischen Abhängigkeiten zwischen zwei Kernideen erweisen

[1] Bei mindestens vier von sechs bzw. fünf richtig beantwortet Items liegt die Ratewahrscheinlichkeit bei einer binomialverteilten Zufallsvariable zum Parameter 0.5 unter fünf Prozent

[2] zwei fehlerhafte Items wurden aus der Analyse entfernt

sich 21 als signifikant; auf Grundlage der Daten wird vorerst auch angenommen, dass die Richtung der Lernwege bestätigt werden kann. Bei der Betrachtung der nicht signifikanten Fälle lässt sich feststellen, dass die Schülerinnen und Schüler oftmals beide Kernideen nicht verstehen. Daraus folgt, dass zunächst keine Aussagen zu diesen Abhängigkeiten getroffen werden können. Die vorliegenden Ergebnisse sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da bedingt durch das Multi-Matrix-Design teilweise weniger als 100 Antworten pro Item vorliegen.

Diskussion und Ausblick

Die fachlich validierte Learning Progression weist eine hierarchische Struktur auf, in der deutlich wird, dass Kernideen der SII an die SI anschließen und innerhalb der SII eine Vernetzung vorliegt. Empirisch lassen sich die Abhängigkeiten nichtsdestotrotz nur in Teilen bestätigen. Dies lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass schon ein Mangel am Verständnis der Kernideen aus der SI vorliegt. Dadurch ist anzunehmen, dass keine vernetzte Wissensstruktur vorhanden sein kann, was wiederum eine empirische Untersuchung der Abhängigkeiten erschwert. Dieser Befund deckt sich mit Ergebnissen aus verschiedenen Studien, die verdeutlichen, dass chemisches Fachwissen von Schülerinnen und Schülern sowie Studierenden sehr heterogen ist und Fachwissensdefizite vorliegen (Averbeck, 2021; Behrendt, 2022; Celik, 2022; Hailikari & Nevgi, 2010; Hülsmann, 2015). Um ein anschlussfähiges Lernen zu garantieren, sollten Lehrkräfte sicherstellen, dass die Kernideen, die vorsetzend für den Erwerb einer bestimmten Kernidee sind, von Schülerinnen und Schülern beherrscht werden. Unterstützungsmaßnahmen dafür könnten die fachlich validierte Learning Progression sowie der an die Learning Progression adaptierte Fachwissenstest sein. Die Learning Progression verdeutlicht, wie Kernideen kumulativ im Fach Chemie erworben werden können und wie diese vernetzt sind. Dies ermöglicht die Planung strukturierter Lerneinheiten. Das Testinstrument wiederum ermöglicht die Ermittlung des Wissensstands und somit auch der Wissensdefizite, wodurch es auch als Diagnoseinstrument fungieren kann. Insofern Fachwissensdefizite ermittelt werden, können gezielt Fördermaßnahmen getroffen werden, sodass danach ein anschlussfähiges Lernen möglich ist.

Literatur

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2007). *Atlas of Science Literacy*. Volume 2. DC: AAAS.

Averbeck, D. (2021). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums: Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 308*. Logos Berlin.

Behrendt, A. (2022). *Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 336*. Logos Berlin.

Celik, K. N. (2022). *Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie, Chemische Reaktion und Energie" im Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 325*. Logos Verlag.

Corcoran, T., Mosher, F. & Rogat, A. (2009). Learning Progressions in Science: An Evidence-Based Approach to Reform. *CPRE Research Report*.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. National Academies Press.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2006). Auf Wissen aufbauen - kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 657–678). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_22

Hailikari, T. K. & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, *32*(15), 2079–2095. https://doi.org/10.1080/09500690903369654

Hülsmann, C. (2015). *Kurswahlmotive im Fach Chemie: Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 195*. Logos Berlin.

Lee, J. (2012). Cumulative Learning. In N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (S. 887–893). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1660

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf

Weber, K. (2018). *Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 263*. Logos Berlin.

Jonas Tischer[1]
Michael Komorek[1]

[1]Universität Oldenburg

Komplexe Kontexte in komplementär vernetzten Lernangeboten

Komplexe Kontexte wie der Klimawandel und Klimaanpassung, eine nachhaltige Energieversorgung oder Fragen der Globalisierung spielen eine immer größer werdende Rolle in der Gesellschaft. Mit diesen Kontexten gehen neben Chancen auch grundlegende Herausforderungen für Mensch und Gesellschaft einher. Bildung muss darauf vorbereiten, in diesen interdisziplinären und komplexen Kontexten handlungsfähig zu bleiben (z. B. Ohl, 2018). Ein Zuwachs von Perspektivität und Fachwissen führt bei Jugendlichen zu einem Anstieg der Reflexionsfähigkeit bezüglich möglicher Handlungsoptionen (Wettstädt & Asbrand, 2014). Schulen können beim Umgang mit Komplexität und komplexen Problemen unterstützen, unterliegen jedoch der Separation der Schulfächer, was interdisziplinäre Betrachtungen erschwert. Außerschulische Lernorte hingegen können interdisziplinäre Ansätze eher verfolgen und bieten damit einen Raum, in dem Schüler:innen die Möglichkeit haben, sich den komplexen Kontexten anzunähern. Die Förderung der Motivation durch Besuche außerschulischer Lernorte wird von Lehrkräften erkannt (Lewalter & Geyer, 2009).
Das kognitive Potenzial außerschulischer Lernangebote kann dann besonders gut genutzt werden, wenn mehrere außerschulische Bildungsangebote bezogen auf einen Kontext vernetzt sind. Hierbei kann unter bestimmten Voraussetzungen von einer komplementären Vernetzung, also einer sich ergänzenden oder im Kontrast stehenden Vernetzung der außerschulischen Bildungsangebote gesprochen werden (Sajons & Komorek, 2020). Die Erwartung ist, dass durch eine gut strukturierte Einbettung der komplementär vernetzten Lernangebote ein neues Gesamtangebot für Lernende entsteht, in dem die Schüler:innen komplexe Kontexte mit einer Multiperspektivität ergründen können. Sie können befähigt werden, Lösungsansätze für die genannten Herausforderungen und Probleme zu entwickeln (Sajons & Komorek, 2020). Im von der Deutschen Telekom Stiftung geförderten Projekt ReBiS (Regionales MINT-Bildungsökosystem) wird dieser Ansatz mit Schulen und außerschulischen Lernorten aus Wilhelmshaven, Varel, Schortens und Oldenburg umgesetzt.

Komplementär vernetzte außerschulische Bildungsangebote

Schüler:innen lernen über komplexe Kontexte wie den Klimawandel, eine nachhaltige Energieversorgung, Plastikmüll etc. nicht nur in der Schule. Vielmehr sind Peer-Groups, Medien, Soziale Medien, Eltern, etc. Quellen, um sich über derartige Themen zu informieren. Die Schule konkurriert und ergänzt als formales Bildungsangebot die non-formalen und informellen Quellen, was eine Herausforderung darstellt. Neben inhaltlichem Wissen geht es dabei auch um Kompetenzen im Umgang mit Wissen. Zusammengenommen bilden formale schulische und non-formale außerschulische MINT-Angebote ein „Bildungsökosystems“ (vgl. Deutsche Telekom Stifung, 2019). Im Projekt ReBiS wird auf die Dynamik eines solchen Bildungsökosystem, bestehend aus Schulen und außerschulischen MINT-Bildungsorten fokussiert. Auf verschiedene Weise lassen sich diese unterschiedlichen formalen und non-formalen Lernortangebote vernetzen, bestenfalls komplementär. Die Vernetzung über ein übergreifendes Thema bietet sich in den meisten Fällen an (Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018). Unterschiedliche Perspektiven auf ein komplexes Thema, einen Kontext, lassen sich

herausarbeiten, jeweils durch einen Lernort oder einen Fachunterricht realisiert. Zu Kontexten wie der ‚Herausforderung Leben im Klimawandel', der ‚Nachhaltige Nutzung von Rohstoffen' oder ‚Kunststoffe – Fluch und Segen' haben die ReBiS-Lernorte übergreifende Angebote entwickelt. Die Angebote der Lernorte haben in den meisten Fällen bereits bestanden und wurden für das ReBiS-Projekt lediglich adaptiert. Es wirken in Wilhelmshaven das Küstenmuseum, der Lernort Technik und Natur (ein Schülerlabor), das Wattenmeer-Besucherzentrum, der Botanische Garten mit dem Verein grün&bunt und das Regionale Umweltzentrum Schortens mit.

Integration komplementär vernetzter außerschulischer Angebote in den Fachunterricht
Besuche außerschulischer Bildungsangebote können Lernende motivieren. Es stellt sich zudem ein höherer Lernerfolg am Lernort ein, wenn die Besuche in einen Fachunterricht eingebettet sind (Guderian, 2006; Klees & Tillmann, 2015). Die bereits komplementär vernetzten außerschulischen Bildungsangebote sind im ReBiS-Projekt in verschiedene Fachunterrichte der beteiligten Schulen eingebettet worden. Somit erleben die Schüler:innen in einem Schuljahr mehrere Lernortbesuche zu einem gewählten übergreifenden Thema aus verschiedenen ihrer Fachunterrichte heraus. Die Fachunterrichte nehmen dabei auch insofern eine besondere Rolle ein, dass hier die außerschulischen Angebote aufeinander bezogen werden müssen. Erprobt wird dies in Wilhelmshaven mit der Integrierten Gesamtschule, dem Neuen Gymnasium und der Oberschule Mitte sowie der Oberschule Varel. Die Schulfächer sind in diesem Kontext nicht auf MINT-Fächer beschränkt, obgleich diese im Vordergrund stehen. Es sind auch Erdkunde, Gesellschaft und Sprachen beteiligt. Bei ReBiS haben sich je nach den konkreten Wünschen der Schulklassen verschiedene Varianten der Vernetzung von Lernorten und Schulen ergeben, insbesondere dadurch bedingt, was das von jeder Schulklasse gewählte übergreifende Thema gewesen ist.

Begleitstudie
Das Projekt ReBiS wird empirische begleitet. Sowohl die Lern- und Verknüpfungsprozesse der Schüler:innen sind dabei von Interesse als auch die Einschätzungen der beteiligte schulischen Lehrkräfte und der pädagogischen Kräfte an den außerschulischen Lernorten. Folgende Forschungsfragen sind von Interesse:
- Welche fachbezogenen Handlungen und Kognitionen der Schüler:innen werden durch die komplementär vernetzten Lernangebote im *Bildungsökosystem* angeregt?
- Welche subjektiven Überzeugungen (beliefs) zur Einbettung außerschulischer Lernangebote in den Fachunterricht, zum Umgang mit Komplexität und zu komplexen interdisziplinären Themenfeldern im Fachunterricht sind bei beteiligten Lehrkräften vorhanden?
- Welche subjektiven Überzeugungen bestehen bei den außerschulischen pädagogischen Kräften hinsichtlich der Bedeutung außerschulischen Lernens und des Beitrags ihrer Lernangebote zur Erfassung komplexer Themen/Kontexte durch Schüler:innen?

Methodik
Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird ein Repertoire an Instrumenten genutzt und zuvor auf die Rahmenbedingungen des Projekts adaptiert.
- Die Besuche der Projekt-Schulklassen an den außerschulischen Lernorten werden begleitet, wobei Feldnotizen entlang eines theoriegeleiteten Beobachtungsrasters erstellt und einzelne kurze Interviews geführt werden.
- Der vorbereitende und der auswertende Unterricht in den mitwirkenden Fächern (also die

Einbettung im Fachunterricht) wird erhoben (teilnehmende Beobachtung und/oder Befragung der Lehrkräfte).
- Ein quantitativ ausgerichteter Fragebogen mit 17 Items richtet sich an die beteiligten Lehrkräfte (14). Ziel ist es, ihre Einschätzung der hier realisierten komplementären Vernetzung und Einbettung zu erheben. Die Antworten dienen als Stimuli für nachfolgende Interviews.
- Qualitative, leitfadengestützte Interviews mit den beteiligten Lehrkräften (14) folgen. Die Lehrkräfte werden befragt, nachdem sie ein bis zwei der Lernorte zum gewählten übergreifenden Kontext besucht haben. Eine zweite Befragungsrunde steht für Ende 2023 an. Die Fragen beziehen sich auf die Vernetzung, auf die Einbettung in den Fachunterricht, auf die Möglichkeiten, schulisch und außerschulisch auf komplexe Themenstellungen einzugehen sowie auf Fragen zur Bedeutung einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung.
- Die pädagogischen Kräfte (7) der außerschulischen Lernorte werden ebenfalls interviewt; der Leitfaden ist parallel zur Lehrkräftebefragung strukturiert.
- Nahezu alle beteiligten Schüler:innen (186) werden mit einem Fragebogen befragt; dieser Fragebogen wird von den Schüler:innen zu zweit ausgefüllt, damit sie durch Gespräche vielfältige Erfahrungen mit ihren Lernortbesuchen und der schulischen Einbettung reaktivieren können.
- Einige Schüler:innen werden mit einem qualitativen, problemzentrierten Interviewleitfaden (Witzel & Reiter, 2022) zu ähnlichen Fragen wie im Fragebogen befragt.

Die Interviews werden nach Kuckartz (2018) in einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet, für die Fragebögen werden Methoden der deskriptiven Statistik angewendet.

Erste Ergebnisse

Die Auswertung der erhobenen Daten läuft derzeit (Oktober 2023). Dennoch zeigt sich bereits, dass die Lehrkräfte ihren Fachunterricht als zentralen Ort dafür sehen, sich im Unterricht mit komplexen Kontexten zu befassen. Die Lehrkräfte schätzen dabei die außerschulischen Bildungsangebote als hilfreich und den Unterricht ergänzend ein. Als eine Möglichkeit für den Umgang mit Komplexität im Fachunterricht wird das Aufgreifen von übergreifenden Kontexten aus der Lebenswelt der Schüler:innen genannt. Als eine Herausforderung ergibt sich hier der Umgang mit Curricula und Lehrplänen: So sehen die teilnehmenden Lehrkräfte ihre Aufgabe in der Bearbeitung der Curricula, wobei die Lernortangebote durchaus geeignet seien, sie dabei zu unterstützen, was eine gewissenhafte Einbettung erfordere. Zudem erkennen die Lehrkräfte die Freiräume, die Curricula bieten, auch komplexe Inhalte, die nicht wörtlich in den Curricula abgebildet sind, anzugehen.

Als Gelingensbedingung für die Einbettung und die Vernetzung hat sich eine gute Absprache im Kollegium der Schulen als zentral herausgestellt, was auch von den Lehrkräften explizit geäußert wird. Auch die Lernortbetreibenden wünschen sich eine verstärkte Absprache mit Lehrkräften für die Vor- und Nachbereitung ihrer Angebote. Viele Lernorte sind dazu bereit, ihre Angebote auf Wünsche und Herausforderungen der Schüler:innen und Lehrkräfte anzupassen. Zudem besteht der Wunsch, dass an Schulen mit den Inhalten der Lernorte weitergearbeitet wird. Hierzu werden, sofern gewünscht, häufig sogar Materialien bereitgestellt.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Schüler:innen einen Zusammenhang zwischen den Besuchen der außerschulischen Bildungsangebote und dem Fachunterricht erkennen. Ebenso erkennen sie die Verbindungen zwischen Fachunterricht und außerschulischen Lernangeboten hinsichtlich des gewählten übergreifenden Themas je Schulklasse.

Ein Großteil der Schüler:innen nimmt in der komplexen Gestaltung des Projekts eine kognitive Anregung wahr und empfindet auch, wie explizit geäußert, viel Spaß.

Literatur

Deutsche Telekom Stiftung (2019). Wissen, was in Zukunft zählt.

Guderian, P. (2006). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Dissertation. Berlin: Humboldt-Universität.

Klees, G. & Tillmann, A. (2015). Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. In Journal für Didaktik der Biowissenschaften 6, S. 991-110.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computer-unterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Lewalter, D. & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 12*, 28-44.

Ohl, U. (2018). Herausforderung und Wege eines systematischen Umgangs mit komplexen Themen in der schulischen Nachhaltigkeitsbildung. In T. Pyhel (Hrsg.): Zwischen Ohnmacht und Zuversicht? Vom Umgang mit Komplexität in der Nachhaltigkeitskommunikation, S. 131-146. München: Oekom Verlag.

Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitäts-voller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* GDCP-Jahrestagung Regensburg 2017 (S. 648-651). Universität Regensburg.

Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren. In S. Habig (Hrsg.), Tagungsband GDCP 2019: *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. (Bd. 40, S. 709-712). Wien: GDCP.

Wettstädt, L. & Asbrand, B. (2014). Handeln in der Weltgesellschaft. Zum Umgang mit Handlungsaufforderungen im Unterricht zu Themen des Lernbereichs globale Entwicklung. In: *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik, 37*. S. 4-12.

Witzel, A. & Reiter, H. (2022). *Das problemzentrierte Interview.* Beltz.

Charlotte Schneider[1]
Susanne Metzger[1]

[1]Pädagogische Hochschule FHNW / Universität Basel

Konzeptverständnis mit Triadenaufgaben messen
Vorstellungen zu Radioaktivität und ionisierender Strahlung

Hintergrund

Im Rahmen dieses Beitrags ist einerseits ist von Interesse, welche Vorstellungen Schüler:innen zu *Radioaktivität und ionisierender Strahlung* haben, und andererseits, inwiefern man diese Vorstellungen mithilfe des Instruments der Triadenaufgabe (Neuroth, 2002) sicht- und messbar machen kann. Forschung zum *conceptual change* (vgl. Posner et al., 1982) und den zu verändernden Schüler:innenvorstellungen ist mittlerweile sehr weit verbreitet (siehe beispielsweise Bibliographie von Pfundt & Duit, 2009). Für einige spezifische Themen ist die Befundlage jedoch nicht so breit abgestützt. So gibt es zum Bereich Radioaktivität und Strahlung nur noch eine Handvoll empirischer Studien und explizit zu *ionisierender* Strahlung nennenswert vor allem aus Großbritannien (Eijkelhof & Millar, 1988; Millar, 1994; Millar et al., 1990; Millar & Gill, 1996) oder den Niederlanden (Boyes & Stanisstreet, 1994; Eijkelhof et al., 1990) sowie von Schrader und Bolte (2018, 2020). Eine Kernthematik beim Verständnis von Radioaktivität und radioaktiven Prozessen ist die Unterscheidung von radioaktivem Stoff selbst und der Strahlung, die dieser aussendet. Diese Unterscheidung fällt den Lernenden schwer: „Viele Schülerinnen und Schüler verwechseln Radioaktivität als Prozess des Emittierens von Strahlung und die aus radioaktivem Material kommende ionisierende Strahlung." (Hopf & Schecker, 2018, S. 231)

Triaden sind ein halboffenes Aufgabenformat und bestehen aus drei Kernbegriffen, die nacheinander je sinnvoll miteinander verknüpft werden sollen. Dabei sollen in selbstgewählter Reihenfolge Zusammenhänge zwischen den Begriffen hergestellt werden. Sollen zum Beispiel als Triade die drei Begriffe Ionisierende Strahlung (1), Strahlungsteilchen (2) und Radioaktiver Stoff (3) verknüpft werden, ist eine mögliche Formulierung: „Ein *radioaktiver Stoff* sendet *Strahlungsteilchen* aus. (2-3) Viele dieser *Strahlungsteilchen* zusammen bezeichnet man als *ionisierende Strahlung*, weil sie in der Lage sind, andere Atome zu ionisieren. (1-2) Deswegen kann man auch sagen, dass *radioaktive Stoffe ionisierende Strahlung* aussenden. (3-1) Eine Triade ist also eine halboffene Aufgabe, in der die Antwortmöglichkeiten stark vorstrukturiert sind, die Schüler:innen aber dennoch eigenständig formulieren.

Fragestellungen

Das Erkenntnisinteresse im Rahmen dieses Beitrags widmet sich den folgenden beiden explorativ zu untersuchenden Fragestellungen:

- Wie gut (richtig, falsch, missing) beschreiben Schüler:innen der Sekundarstufe II die Zusammenhänge? (quantitativ)
- Welche alternativen Vorstellungen und Missverständnisse zeigen sich in den Antworten? (qualitativ)

Stichprobe und Datengrundlage

Die Stichprobe umfasste 75 Schüler:innen am Anfang der Sekundarstufe II aus bilingualen Klassen der Schweiz. Die Teilnehmenden waren etwa 16 Jahre alt (M_{Alter} = 16.4, SD_{Alter} = .79), 48 waren weiblich, 21 männlich und fünf machten dazu keine Angabe. Die Daten stammen aus einer laufenden Interventionsstudie (Pre-Post-Design) im Bereich bilinguales Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte. Für diesen Beitrag wurden die ersten 75 Datensätze aufbereitet und die oben aufgeführte Triade für die Auswertung ausgewählt. Die Daten stammen ausschliesslich aus der Post-Erhebung, das heisst, die Schüler:innen hatten bereits 90 Minuten in einer online-Selbstlerneinheit zum Thema gearbeitet. Die 75 vorhandenen Datensätzen ergaben N = 51 (68 %) auswertbare Datensätze.

Methode

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die Antworten in MAXQDA 2022 (VERBI Software, 2021) aufgenommen und auf Schüler:innenebene analysiert. Für die erste Fragestellung wurde zunächst für jede Achse der Triade ermittelt, ob die Formulierung richtig oder falsch gewertet werden kann oder ob eine Formulierung fehlt (missing). Anschließend wurden für das Gesamtbild pro Achse die richtigen, falschen und fehlenden Antworten aufsummiert. Für die zweite Fragestellung wurden die Schüler:innenaussagen unabhängig der Achse nach bekannten (deduktiv) und ggf. auch unbekannten (induktiv) alternativen Vorstellungen untersucht. Die zugeordneten Codes wurden in einer konsensorientierten Diskussion innerhalb der Arbeitsgruppe verifiziert. Da es sich um eine erste Annäherung an die Daten handelt, steht eine Zweitcodierung und Interrater-Analyse noch aus.

Ergebnisse

Zur Beantwortung der ersten Frage wurden die Aussagen der Schüler:innen den Achsen der Triade zugeordnet und bewertet. Das Beispiel einer Bewertung ist in Tabelle 1 dargestellt. Das Aufsummieren der richtigen (r) und falschen (f) Antworten sowie der missings (m) der Teilnehmenden ergab das in Tabelle 2 dargestellte Ergebnis.

Tabelle 1: Beispielauswertung einer Schüler:innentriade

Schüler:innenaussagen	**Achse**	**r**	**f**	**m**
„Ein *radioaktiver Stoff* ist ein Stoff wo *Strahlungsteilchen* geschleudert werden.“	2-3	x		
„Diese *Strahlungsteilchen* stossen auf [..] Elektronen von anderen Elementen, das wandelt es in einem ion um. Die *Ionisierende Strahlung* ist der Prozess wo die Elementen zu Ionen [macht].“	1-2		x	
-				x

Tabelle 2: Gesamtergebnis nach Achse nach der Auswertung der 51 auswertbaren Triaden

Achse		**r**	**f**	**m**
1-2	ionisierende Strahlung – Strahlungsteilchen	22	26	3
2-3	Strahlungsteilchen – radioaktiver Stoff	23	22	6
3-1	radioaktiver Stoff – ionisierende Strahlung	27	19	5

Es zeigt sich, dass pro Achse auch nach der Beschulung nur etwa die Hälfte der Schüler:innen in der Lage sind, einen korrekten Zusammenhang zu bilden. Tendenziell fällt ihnen die

Verbindung zwischen den Begriffen *radioaktiver Stoff* und *ionisierende Strahlung* am leichtesten, was damit erklärbar wäre, dass in dieser Verbindung kein Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene vollzogen werden muss. Bezogen auf die gesamte Triade können etwa 25 % der Schüler:innen eine komplett richtige Triade formulieren, etwa 25 % formulieren eine komplett falsche. Etwa die Hälfte der Schüler:innen formulieren eine Mischtriade, wie im Beispiel in Tabelle 1 dargestellt. In Bezug auf die zweite Fragestellung konnten am häufigsten die in Tabelle 3 dargestellten Vorstellungen der Schüler:innen identifiziert werden.

Tabelle 3: Häufigste Vorstellungen mit Anzahl der Nennung in Klammern und Beispielen

Vorstellung		**Beispiel**
A	Ionisierende Strahlung bewirkt Radioaktivität (15)[1]	„Ionisierende Strahlung wandelt einen Stoff in einen radioaktiven Stoff um.“
B	Ionisierende Strahlung = radioaktiver Stoff (9)	„Deswegen sind die Strahlungsteilchen ein radioaktiver Stoff.“, „Strahlungsteilchen sind radioaktiv.“
C	Ionisierende Strahlung = Ionisation (9)	„When a radiation particle hits an atom it frees an electron, this process is called Ionising radiation.“
D	Containeridee (9)	„Strahlungsteilchen haben ionisierende Strahlung bei sich.“ „Die Strahlungsteilchen "bilden" den radioaktiven Stoff.“

In dieser Stichprobe tritt am häufigsten die Idee auf, dass ionisierende Strahlung Radioaktivität bewirkt (A) (z.B. Eijkelhof et al., 1990, Millar & Gill, 1996), was ebenso wie das Nichtunterscheiden von ionisierender Strahlung und dem radioaktiven Stoff (B) (vgl. Hof & Schecker, 2018) literaturkonform ist. Diese Kategorien wurden entsprechend deduktiv gebildet und entsprechen dem Erwarteten. In der Literatur bisher nicht gefunden, ist die in neun Fällen erkennbare Verwechslung von Akteur (Strahlung) und Ereignis (Ionisation) (C). Auch die Vorstellung der „Containeridee“ bzw. des „Zusammengesetzt seins“ (D) wurde induktiv hergeleitet. Diese Vorstellungen bergen ein Risiko für das Lernen, da sie intuitiv die Vorstellung beinhalten, dass etwas, das zusammengesetzt ist, auch zersplittern kann. Damit begünstigen sie die Vorstellung, dass radioaktive Kernumwandlung eine Zersplitterung des Atomkerns ist.

Interpretation und Ausblick

In dieser ersten Annäherung an die Daten zeigt sich bereits, dass die Triadenaufgabe das Potential besitzt Vorstellungen auf unterschiedliche Weise einzuschätzen. Als weitere Schritte sollen die Triaden mit den geschlossenen Aufgabenformaten trianguliert und zusätzlich die Aussagen der Schüler:innen auf sprachlicher Ebene genauer analysiert werden. Beispielsweise sollen die von den Schüler:innen gewählten Kollokationen dahingehend untersucht werden, inwiefern diese sich eignen, um die wissenschaftliche Vorstellung adäquat zu beschrieben. Dabei geht es nicht um umgangs- oder fachsprachliche Formulierungen, sondern darum, inwiefern die Natur des jeweiligen Triadenbegriffs in der Kollokation getroffen ist: „Ein instabiles Atom *hat* Radioaktivität“. *Haben* ist ein statisches Verb, das Besitz und Stofflichkeit suggeriert und sich daher weniger eignet, um das Dynamische und Prozesshafte als wesentliches Merkmal von Radioaktivität herauszustellen.

[1] Da die Schüler:innen in der Einheit nur den spontanen Kernzerfall mit Alpha-, Beta-, Gammastrahlung kennenlernen, ist die Annahme, dass Radioaktivität durch ionisierende Strahlung erzeugt werden kann, falsch.

Literatur

Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1994). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: Sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education*, *12*(2), 145–160.

Eijkelhof, H., Klaassen, K., Lijnse, P., & Scholte, R. (1990). Perceived incidence and importance of lay-ideas on ionizing radiation: Results of a Delphi-study among radiation-experts. *Science education*, *74*(2), 183–195.

Eijkelhof, H., & Millar, R. (1988). Reading about Chernobyl: The public understanding of radiation and radioactivity. *School Science Review*, 35–41.

Hopf, M., & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu fortgeschrittenen Themen der Schulphysik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 225–242). Springer Berlin Heidelberg.

Millar, R. (1994). School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. *Public understanding of science*, *3*, 53–70.

Millar, R., & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*, *31*(1), 27.

Millar, R., Klaassen, K., & Eijkelhof, H. (1990). Teaching about radioactivity and ionising radiation: An alternative approach. *Physics Education*, *25*(6), 338.

Neuroth, J. (2002). *Triaden-Test als Methode zur Ermittlung des Verknüpfungsgrads des Schülerwissens—Eine Verfahrensmodifikation zum Verknüpfungstest* [Schriftliche Hausarbeit zum 1. Staatsexamen]. Universität Essen.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science education*, *66*(2), 211–227.

Schrader, N., & Bolte, C. (2018). Vorstellungen vom Unsichtbaren–Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. *Qualitätsvoller Chemie-und Physikunterricht-normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, *38*, 780–783.

Schrader, N., & Bolte, C. (2020). Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, *40*, 491–494.

VERBI Software. (2021). *MAXQDA 2022 [computer software]*.

Tom Bleckmann[1]
André Meyer[1]
Jos Oldag[1]
Markos Stamatakis[1]
Anzhelika Markovnikova[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

LernMINT: Datengestützter Unterricht in den MINT-Fächern
Postersymposium

Das vom niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) geförderte Promotionsprogramm LernMINT beschäftigt sich mit der Erforschung von datengestützten Methoden im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht im Hinblick auf Fachdidaktik, Learning Analytics und Datenschutz. Die Integration digitaler Technologien im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat eine lange Tradition, jedoch fehlt es bisher an Studien, die datengestützte Learning-Analytics-Methoden in fachdidaktische Konzepte einbetten und deren Chancen, Begrenzungen, Datenschutz und Fairness evaluieren. Das übergeordnete Ziel von LernMINT besteht darin, die Potenziale der Digitalen Transformation zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung in Schule und Hochschule zu erforschen.
Insgesamt umfasst das Graduiertenkolleg 14 Promotionsprojekte, welche sich in die fünf Themenkomplexe Learning-Analytics-Methoden, datengestützte Nutzung von Lernpotenzialen, informelles Lernen, Übergang von Schule zu Hochschule sowie Datenschutz, Fairness und Akzeptanz von Learning Analytics gliedern.
In diesem Postersymposium werden Ergebnisse und Erkenntnisse aus fünf Teilprojekten von LernMINT vorgestellt:

P001 & P003: Jos Oldag und Markos Stamatakis
Zwei Teilprojekte befassen sich mit visuellen Darstellungen von Lernenden. In den zwei vorgestellten Postern wurden in einer Pilotstudie die Wirkung von automatisierten Feedback auf Lernende beim Erstellen von Ionengittern erforscht und auf die einzelnen Implementationsaspekte eingegangen. Die Ergebnisse legen nahe, ein automatisiertes Feedback weiter zu untersuchen und die bisherige Gestaltung zu überarbeiten. Ziel ist es ein noch feingranulareres Feedback zu ermöglichen.

P002: Anzhelika Markovnikova
Bis heute haben Kinder mit zerebraler Lähmung nicht die Möglichkeit, praktische Arbeiten und Laborarbeiten durchzuführen. In dieser Hinsicht untersucht dieses Promotionsprojekt die psychokognitiven und physischen Eigenschaften von Kindern mit zerebraler Lähmung. Auf der Grundlage der gewonnenen Daten wurde eine Chemie-Lernanwendung entwickelt, bei der die Teilnehmer interaktive praktische Arbeiten durchführen konnten, indem sie nur ihren Blick mit Hilfe eines Eye-Trackers steuerten.

P004: André Meyer
Die selbstständige Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen auf verschiedene Situationen stellt eine große Herausforderung für Schülerinnen und Schüler dar. Physikalische Probleme sind ein Aufgabenformat, dass die Lernenden vor genau diese Herausforderung stellt, da abstraktes physikalisches Fachwissen in alltagsähnlichen Situationen identifiziert

und zur Lösung der Probleme angewandt werden muss. Das vorgestellte Promotionsprojekt befasst sich mit der Entwicklung einer digitalen Lernumgebung, in der mithilfe von Beispielaufgaben (worked-out examples) physikalisches Problemlösen trainiert werden soll. Anhand dieses Problemlösetrainings soll anschließend der Einfluss von adaptiven Elementen und verschiedenem Feedback auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

P005: Tom Bleckmann

In diesem Promotionsprojekt wurde eine neue Auswertungsmöglichkeit, welche auf Machine Learning basiert, entwickelt. Dazu wurde eine Concept Map zum Thema Mechanik entworfen und mittels supervised Machine Learning automatisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass zwischen Mensch und Machine Learning Modell eine zufriedenstellende Übereinstimmung erreicht werden kann. Damit das Modell im Schulalltag als automatisches Feedbacktool jedoch genutzt werden kann, benötigt es eine konkrete Umsetzung des Feedbacks. In dieser Arbeit soll deshalb die automatisch generierte Rückmeldung für Lehrkräfte und Lernenden vorgestellt und kritisch diskutiert werden. Die Ergebnisse der Studie können dazu beitragen, ein besseres Verständnis dafür zu vermitteln, wie maschinell generiertes Feedback zur Verbesserung des formativen Assessments in der Schule eingesetzt werden kann.

Jos Oldag[1] [1]Leibniz Universität Hannover
Sascha Schanze[1]

Wie wirkt Feedback bei Lernenden? Digitale Drag-and-Drop-Aufgabe zu Ionengittern mit Feedback

Einordnung Projekt und Relevanz

In der digitalen Lernumgebung I_3Lern von Roski (2022) erlernen Schülerinnen und Schüler eigenständig das Thema *Salze – Ionenbindung*. Die Lernumgebung enthält unter anderem eine einfach gehaltene Drag-and-Drop-Aufgabe zu Ionengittern im Kontext von Kochsalz. In Hinblick auf Lernendenvorstellungen und Feedback schöpft die Gestaltung der Aufgabe nicht ihr gesamtes Potential aus. Dieser Beitrag thematisiert die Weiterentwicklung der Aufgabe hin zu einer automatisierten Auswertung und Feedbackgebung mit der Frage: Wie wirkt Feedback zu einer Drag-and-Drop-Aufgabe zu Ionengittern auf die Lernenden?

Theoretischer Hintergrund

Ionenbindung

Ionen sind „geladene, nicht kompressible und nicht polarisierbare Kugeln, [die] so nahe wie möglich umgeben von möglichst vielen Ionen entgegengesetzter Ladung [sind]. Das Anzahlverhältnis zwischen Kationen und Anionen entspricht der Zusammensetzung der Verbindung“ (Binnewies et al., 2016, S. 81). Aus dieser bereits modellhaften Beschreibung ergeben sich verschiedene Anschauungsmodelle, wovon in Abbildung 1 zwei 2D-Möglichkeiten beispielhaft aufgezeigt sind.

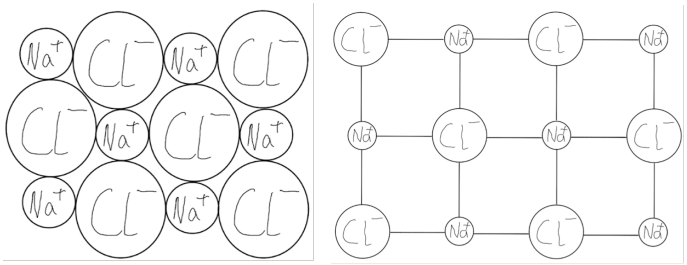


Abbildung 1: Kanonische Darstellungen eines Natriumchloridgitters als dichteste Kugelpackung (links) und im Kugel-Stab-Modell (rechts).

Neben fachlich tragfähigen Darstellungen zur Ionenbindung sind viele alternative Lernendenvorstellungen und -darstellungen bekannt (vgl. Barke, 2006), die zusammengefasst für die Natriumchlorid-Verbindung in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1: Übersicht wissenschaftlich nicht anerkannter Darstellungen zur Ionenbindung.

Bezeichnung	Beschreibung
Teilchen & Molekül	Natrium- und Chlor-Ionen werden paarweise und isoliert von anderen Natriumchlorid-Paaren dargestellt.
Atom	Teilchen werden ungeladen, also atomar, dargestellt.
Ionenbildung	Ein Elektronenübergang wird dargestellt.
Größe	Ein Natrium-Ion wird größer ein Chlorid dargestellt oder beide Ionen werden gleichgroß dargestellt.
Ladung	Chlor-Ionen werden mit einer anderen Ladung als -1 und Natrium-Ionen mit einer anderen Ladung als +1 dargestellt (ausgenommen 0, siehe *Atom*).
Winkel	Zwei benachbarte und unterschiedliche Ionen werden in einem anderen Winkel als 90° dargestellt.
Paare	Zwei unterschiedliche Ionen werden einander zugeordnet.
Koordinationszahl	Ein Ion wird mit einer anderen Koordinationszahl als 4 dargestellt.

Feedbackgestaltung

Die Möglichkeiten Feedback zu geben sind sehr vielfältig: Von einfachem Feedback in Form von *Richtig-Falsch* hin zu einem elaborierten Feedback, welches Lernende ermutigen soll, eine Aufgabe aus eigenem Antrieb zu lösen (Fengler, 2019). Elaboriertes Feedback hat sich dabei als lernförderlich herausgestellt (z. B. Ryssel, 2012).

Methodisches Vorgehen

Entwicklung der Aufgabe

Im ersten Schritt wurde eine bestehende Drag & Drop-Aufgabe der digitalen Lernplattform I_3Lern weiterentwickelt. Es wurden verschieden große Kreise hinzugefügt, die von Lernenden frei platziert und beschriftet werden können. Auch das Verbinden mittels Linien wurde ermöglicht. Eine Anleitung wurde in die Aufgabe integriert und kann optional genutzt werden. Für das Feedback wurden die verschiedenen Darstellungen aus der Literatur sowie wenige induktiv beim Testen festgestellte Darstellungen sortiert. So erkennt das Programm bspw. vollkommen automatisiert die Nutzung von fachlich inadäquaten Größenverhältnissen bei der Darstellung von Ionen und gibt den Lernenden entsprechendes Feedback, welches unmittelbar erfolgt und eingearbeitet werden kann.

Erhebung und Auswertung

Eine Datenerhebung an einem Gymnasium im Raum Hannover mit 10 Teilnehmenden wurde im August 2023 durchgeführt. Den Lernenden wurden ein Tablet mit Stift sowie individuell für die Aufgabe erstellte anonyme Accounts zur Verfügung gestellt. Einverständniserklärungen der Lernenden wurden vorab eingeholt. Neben der Aufgabe zur Ionenbindung umfasste die Erhebung einen kurzen Feedbackbogen zur Aufgabe und eine Aufforderung, schriftlich zu beschreiben, was mögliche Linien in der Darstellung bedeuten. Die Erhebung dauerte inklusive einer kurzen Einweisung 25 Minuten.

Die Auswertung erfolgte quantitativ auf deskriptive Weise sowie qualitativ mit einem Kategoriensystem (Mayring, 2015).

Ergebnisse

In Tabelle 2 ist die Nutzung des Feedbacks seitens der Lernenden dargestellt und inwiefern das Feedback erfolgreich genutzt werden konnte.

Tabelle 2: Nutzung und Wirkung des Feedbacks durch und auf Lernende.

Kategorie	Anzahl
1 Repräsentation entspricht fachlich anerkannten Vorbild	2 von 10
2 Repräsentation und Textbeschreibung sind fachlich adäquat	0 von 10
3 Nach dem Feedback entsteht eine adäquate Repräsentation	0 von 8
4 Lernende gehen auf entsprechendes Feedback ein	2 von 8

Demnach wurde das zur Verfügung gestellte Feedback von den Lernenden wenig genutzt und konnte bislang nicht zum gewünschten Lernerfolg führen. Die Notwendigkeit, zur Zeichnung auch textliche Erläuterungen einzufordern (Kategorie 2) zeigt sich beispielhaft in der folgenden Äußerung eines Lernenden, der zuvor eine als fachlich adäquat eingestufte Darstellung gestaltet hat: „Die benutzten Linien in der Zeichnung zeigen die Verbindungen der jeweiligen Elektronenpaare miteinander an“ (eigenes Datenmaterial).
Zudem ist zu erwähnen, dass die Darstellungen der Lernenden bisher lediglich fünf der 13 möglichen Feedback-Kategorien erforderten.

Schlussfolgerungen

Das Feedback wurde nur teilweise von den Lernenden angenommen und führte nicht zu einer Veränderung hin zu fachlich adäquaten Darstellungen. Einschränkend ist darauf hinzuweisen, dass die Anzahl von bisher 10 Probandinnen eine noch geringe Aussagekraft insgesamt bedeuten. Dennoch wird bereits deutlich, dass eine Überarbeitung der Feedbackgestaltung zielführend erscheint. Bisher wird auf Basis des Feedbacks auf bestehende Defizite in Bezug auf mögliche Referenzlösungen aufmerksam gemacht. Die Lernenden erhalten die Möglichkeit, die Zeichnung zu überarbeiten. Dies erfolgt in der Regel auf Grundlage des Feedbacks. Wird den Lernenden zeitgleich mitgeteilt, ob und welche Elemente bereits angemessen dargestellt wurden, so kann dies einerseits motivierend sein und andererseits dazu beitragen, dass genau diese Elemente in einer Überarbeitung erhalten bleiben. In Zukunft wird daher eine Feedbackmatrix erstellt, die verschiedene erklärende Formulierungen zu fachlich adäquaten und inadäquaten Vorstellungen sowie eine direkte motivierende Ansprache beinhaltet, statt nur Defizite aufzuzeigen.
Abschließend zeigt diese erste Studie, die Relevanz verschiedener Aufgabenformate zum Thema Ionenbindung. Auch als kanonische Darstellungen anerkannte Visualisierungen wie die rechte Zeichnung in Abb. 1 sind nicht frei davon, alternative Konzepte zu induzieren oder zu unterstützen, wie die im Ergebnisteil dargestellte Schüleräußerung unterstreicht. Die dargestellten Linien sind für das Konzept der Ionenbindung irrelevant. Sie unterstützen lediglich das Verständnis der geometrischen Anordnung der Ionen zueinander. Über die zusätzliche Erklärung konnte ein alternatives Konzept identifiziert werden.
Technisch kann dies zukünftig auch durch eine Beschriftung der Linien sowie das Zeigen von alternativen Beispiellösungen unterstützt werden.
Als langfristiges Ziel sollte automatisiertes Feedback für freie Zeichenaufgaben (mit immer weniger vorgegebenen Objekten) gestaltet werden, um weitere potenzielle Vorstellungen miteinzubeziehen.

Literatur

Barke, H.-D. (2006). Struktur-Eigenschafts-Beziehungen. In H.-D. Barke (Eds.), Chemiedidaktik. Berlin-Heidelberg: Springer, 99-148

Binnewies, M., Finze, M., Jäckel, M., Schmidt, P., Willner, H., Rayner-Canham, G. (2016). Allgemeine und Anorganische Chemie. Berlin: Springer

Fengler, J. (2017). Feedback geben: Strategien und Übungen. Weinheim: Beltz

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz

Roski, M., Hoppe, A., Nehring, A. (2022). Individuelles Lernen durch Bayesian Knowledge Tracing in der webbasierten Lernplattform „I_3Lern“ analysieren und unterstützen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung Aachen 2022

Ryssel, J. (2012). Die Lernwirksamkeit von einfachem und elaboriertem Feedback in Verbindung mit dem Erstellen von Concept Maps im Planspielunterricht. In U. Faßhauer, B. Fürstenau & E. Wuttke (Eds.), Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen: Verlag Barbara Budrich, 89-102

Anzhelika Markovnikova [1] [1]Leibniz Universität Hannover

Chemistry app for children with cerebral palsy based on the eye-tracker

Introduction

A topical issue of our time is the development of strategies for the inclusion of people with disabilities at all levels of education by adapting educational processes and environments (Mikhailova, 2023). Particular difficulties arise for students with cerebral palsy, who often suffer from intellectual, visual, hearing and speech impairments in addition to motor impairments, which makes them one of the most vulnerable groups in the educational process (Sadowska, 2020). Therefore, there is a need to provide people with cerebral palsy not only physical access to learning tools, but also learning technologies appropriate to their cognitive abilities. Currently, many applications for educational purposes are being developed, some of which try to take into account the characteristics of children with mobility impairments to provide them with access to digital environments for communication, play and learning (Yao, 2023). Therefore, there is a need to study and analyse aspects of the interaction of children with cerebral palsy with digital educational products in order to identify the most effective strategies and methods that can be used in digital educational content, which was the purpose of this study.

Methods

The study sample was 10 students (3 girls and 7 boys) diagnosed with cerebral palsy (G80 according to ICD-10), mean age M=18±0.5.

We investigated aspects of interaction of learners with cerebral palsy with digital educational technologies by selecting the most appropriate method of controlling virtual objects.

To understand the peculiarities of controlling and interacting with interactive objects on the monitor screen in a group of adolescents with cerebral palsy, we developed an author's testing methodology. The purpose of developing this methodology is to understand which actions (clicking, moving objects) will be easier to perform with a computer mouse and which will be easier to perform with a specialised button with a joystick.

Testing of mechanics of interaction with digital content on the monitor screen included 3 tasks: tapping test to investigate motor dynamics, testing of "movement" mechanics, and range testing. Moving objects within 20 seconds using a mouse demonstrated higher performance (M = 3.6±1.53) compared to moving with a joystick (M = 0.75±0.5). Student's criterion for independent samples showed that the number of objects moved was greater with mouse control, $t = -3.67$, $p = 0.014$.

Range testing was aimed at identifying the optimal distance between objects on the screen, which is the most accessible in terms of the user experience of subjects with cerebral palsy. The parameters of number of clicks and average speed were analysed. The mean number of mouse clicks was M = 13±6.08; the mean number of joystick and button clicks was M = 3.75±2.06. Student's criterion for independent samples showed that the number of clicks was significantly greater with mouse control at a low level of statistical significance, $t = -2.91$, $p = 0.033$. The mean cursor movement and click rate during mouse control was 382.97±250.1 pixels per second; the mean cursor movement and click rate during joystick and button control was 138.74±94.8 pixels per second.

The analysis of the results of testing the mechanics of interaction showed that there is a great variability in the computer control abilities of learners with mobility impairments. The data suggests a rather decreasing rate of clicking dynamics and better dynamics using the mouse. The joystick proved to be of little use for two participants who normally use the mouse fluently, whereas for the other subjects it was the only available mode of interaction due to severe hand spasticity. Despite this, their dynamic capabilities remain severely limited, which needs to be taken into account when designing digital educational content.

The intelligence of students with cerebral palsy was assessed using the Raven's Progressive Matrices technique (Małkiński, 2022).

The method allows to determine the ability of the examinees to logical operations (comparison and distinction, analysis, etc.) using non-verbal material, which limits the influence of socio-cultural characteristics of a particular examinee and provides an opportunity to determine the ability to purposefully search for the necessary solution. The non-verbal nature and the possibility of assessing the ability to perform logical operations with graphic images were the key factors for applying the methodology in this study.

The psychodiagnostic technique consists of black-and-white matrices (60 matrices measuring 7.5 × 11 cm), each of which is missing one of its constituent elements. The subject must choose the missing matrix element among 6-8 proposed options. The tasks are grouped into 5 series - A, B, C, D, E, each series consists of 12 matrices.

In the process of the study, only 9 out of 10 subjects moved on to performing Series D. Series D is composed according to the principle of rearrangement of figures in the matrix along horizontal and vertical directions. The success of the solution depends on the examinee's ability to identify quantitative and qualitative patterns in the construction of the matrix as a whole and its individual columns and rows. The results indicate that with probability $\gamma = 0.95$ the percentage of correct answers will be in the range of 30 - 67 % ($M = 49.2 \pm 24.2$). The range corresponds to the average level of intelligence in the corresponding age group.

Only four out of 10 subjects proceeded to Series E, which is the most difficult series of the methodology. The process of solving the tasks of this series consists in analysing the figures of the main image, identifying significant features that may vary, and then "assembling" the missing figure piece by piece. The average percentage of correct answers to Series E ($M = 29.3$) indicates that it is difficult for the examinees to cope with the tasks aimed at activation of analytical and synthetic activity. At the same time, there is a great variation in the percentage of correct answers of the examinees: two pupils with cerebral palsy scored 17% of correct answers each, one pupil - 8%, and one person - 75%.

Parameter	N	M±SD	95% confidence interval		Min	Max
			Lower	Upper		
Number of correct answers	10	30,2±10,7	22,52	37,9	18	48
Percentage of correct answers (%)	10	50,3±17,9	37,51	63,1	30	80
Series A (%)	10	77,4±25,1	59,46	95,3	17	100
Series B (%)	10	75,1±24,3	57,70	92,5	33	100

Series C (%)	10	43,3±15,1	32,50	54,1	17	67
Series D (%)	9	49,2±24,2	30,6	67,9	17	83
IQ	10	82,2±14,5	71,80	92,6	66	108

Table 1. Statistics of parameters of measuring the level of intelligence of children with cerebral palsy.

Series A is aimed at revealing the ability to differentiate separate elements of the structure, to reveal the interrelationships between them, to identify the missing part of the structure and to compare it with the presented sample. With the probability $\gamma = 0.95$, it can be stated that with a larger sample of students with cerebral palsy the percentage of correct answers in this series will be in the range of 59 - 95%, which corresponds to the average value of the number of correct answers $M = 77.4 \pm 25.1$.

Series B is reduced to finding analogy between pairs of figures, comprehending symmetry, and completing relations. The results of the analysis of Series B showed that with a larger sample of students with cerebral palsy with probability $\gamma = 0.95$, the percentage of correct answers would be in the range of 57 - 92 % ($M = 75.1 \pm 24.3$), which corresponds to average and unremarkable intelligence for this age group.

Series C contains complex changes of figures in accordance with the principle of their continuous development, "enrichment" vertically and horizontally. The results of performing Series C by the subjects with cerebral palsy turned out to be at a slightly lower level compared to the other series: with a larger sample size, with probability $\gamma = 0.95$, the percentage of correct answers will be in the range of 32 - 54 % ($M = 43.3 \pm 15.1$). This range corresponds to the average level of intelligence in the corresponding age group.

Thus, with a probability $\gamma = 0.95$ we can state that the level of intelligence of students with cerebral palsy is in the range of 71 - 92 points, which corresponds to the borderline and average level of intelligence according to Wechsler ($M = 82.2 \pm 14.5$).

The examinees showed good attentiveness, the ability of imagination and visual distinction (discrimination), the ability of linear differentiation and inference on the basis of linear relationships. At the average level was the ability to dynamic observation and tracing of continuous changes, dynamic attentiveness, as well as the ability to analyse quantitative and qualitative changes in the composition of figures according to the pattern of changes used. At a low level is the ability to observe the complex quantitative and qualitative difference of kinetic, dynamic series. It was concluded that adolescents with cerebral palsy who are not diagnosed with mental retardation still need adapted teaching methods.

Chemistry assignments were developed taking into account all technical and software features of the system.

As the aim of the study was to explore the gamification mechanics of interaction of students with cerebral palsy with digital educational content through "bodily engagement", we developed tasks that "mimic" a laboratory workshop.

Theories of embodied cognition view sensorimotor activity as the basis for learning, knowledge, and reasoning. To explore the role of physical movement in conceptual learning, the Chem-Lab learning environment (rnf-cp.cedne.ru) was developed.

The Chem-Lab learning environment includes a personal computer, a computer simulation (application), and a device for interaction with the application: a Tobii 5 i-tracker and a special

button that simulates a click. In the interaction process, students control the mouse cursor using eye movement and use the "click" method to select test tubes and mix reagents. A pilot study was conducted on a group of learners without disabilities to test the learning process and improve the methodological component.

The procedure of interaction with the Chem-Lab learning environment is as follows:
1. Viewing educational voice-over videos on chemistry;
2. Going through the practical part immediately after watching the video. This practice is aimed at bodily involvement, thus the learner imitates the real fusion of reagents in a test tube. The practice allows to better consolidate the theory just learnt after watching the video with the possibility of interactive interaction with elements similar to those presented in the video.
3. Testing is designed to structure and consolidate general knowledge on all the material learnt.

A total of 10 topics were developed, videos were filmed for each topic, and practical and test parts were developed.

Figure 1: Example of tasks where students need to answer a question and choose the correct reagents.

Literatur

Mikhailova N. V. (2023) Inclusion, adaptation, integration mutual conditioning and unity of sociocultural mechanisms. unity of socio-cultural mechanisms. Humanitarian Space. 12 (1), 59-64

Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., & Kopyta, I. (2020). Cerebral palsy: current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. Neuropsychiatric disease and treatment, 1505-1518

Du Y., Tekinbas K. S. (2020) Bridging the gap in mobile interaction design for children with disabilities: perspectives from a pediatric speech language pathologist //International Journal of Child-Computer Interaction, 23. 100-152

Małkiński, M., & Mańdziuk, J. (2022). Deep Learning Methods for Abstract Visual Reasoning: A Survey on Raven's Progressive Matrices. *2201,12382*.

André Meyer[1]
Anett Hoppe[2]
Gunnar Friege[1]

[1]Leibniz Universität Hannover – AG Physikdidaktik
[2]TIB – Leibniz Informationszentrum

Adaptives Problemlösetraining zu Energie quantitativ
Beitrag zum Postersymposium des Graduiertenkollegs LernMINT

LernMINT ist ein Graduiertenkolleg, das im Rahmen des Niedersächsischen Promotionsprogramms gefördert wird (Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Niedersachsen, Förderphase 2019-2024). Beteiligt am Graduiertenkolleg sind Institute und Personen der Leibniz Universität Hannover, der Ostfalia Hochschule, der Hochschule Hannover und dem TIB Leibniz Informationszentrum. Das Ziel von LernMINT ist es, die Chancen, Begrenzungen und Risiken des datengestützten Lehrens und Lernens interdisziplinär zu erforschen und dabei insbesondere die gezielte Entwicklung sowie fachdidaktische Evaluierung von datengestützten, intelligenten Methoden für den Unterricht in den MINT-Fächern.
Im Rahmen des Postersymposiums wurden fünf der insgesamt 14 Promotionsprojekte aus dem Programm vorgestellt. Unter anderem wegen des Einflusses der Corona-Pandemie wurde die Suche der Stipendiaten für das Promotionsprogramm erschwert. Dadurch befinden sich einige Projekte bereits kurz vor dem Abschluss, wogegen andere Projekte in früheren Stadien sind.
Das hier vorgestellte Projekt befindet sich in seinem ersten Jahr und befasst sich mit der Entwicklung eines adaptiven Problemlösetrainings zum Thema Energie quantitativ für den Physikunterricht in der Sekundarstufe I.

Das vorgestellte Projekt
Wie unter anderem die Ergebnisse von PISA 2018 (OECD, 2019) nahelegen, stellt die kreative und selbstständige Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen auf verschiedene Situationen eine große Herausforderung für Schülerinnen und Schüler dar. Diese höchste Stufe der naturwissenschaftlichen Kompetenz erreichen im OECD-Schnitt nur etwa sieben Prozent der Lernenden (OECD, 2019, S.116). Physikalische Probleme bilden ein Aufgabenformat, das die Bearbeitenden vor genau diese Herausforderung stellt, da abstraktes physikalisches Fachwissen in alltagsähnlichen Situationen identifiziert und zur Lösung der Probleme angewandt werden muss. Die Bedeutung des Problemlösens in der Physik spiegelt sich auch in den curricularen Vorgaben des Landes Niedersachsen wider. Darin wird als allgemeines Merkmal von Kompetenzen festgelegt: „Sie zielen ab auf die erfolgreiche und verantwortungsvolle Bewältigung von Aufgaben und Problemstellungen“ (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S6). Aus diesen Tatsachen lässt sich der Auftrag an die physikdidaktische Forschung ableiten, Verfahren zur besseren Förderung dieser Kompetenzen bei den Lernenden zu entwickeln.

Der Begriff des Problems und des Problemlösens wird in der Physikdidaktik aber auch darüber hinaus kontrovers diskutiert (z. B. Friege, 2001; Brandenburger, 2016). Im hier beschriebenen Promotionsprojekt soll ein Problem im Sinne der Definition von Smith (1991) betrachtet werden. Die zu lösenden Probleme werden so formuliert, dass sie eine Vernetzung von konzeptionellem Wissen mit mathematischen Methoden erfordern, um angemessene Annahmen zu treffen sowie die mathematische Modellierung und Lösung zu ermöglichen. Es

wird dagegen darauf verzichtet, gezielt Barrieren in die Aufgaben zu integrieren, um ihren Schwierigkeitsgrad zu erhöhen. Die Existenz eine Barriere ist in sogenannten Gap-Definitionen wie der von Dörner (1976) das zentrale Unterscheidungsmerkmal von Problem und (Routine-)Aufgabe.
Die Probleme für die zu entwickelnde Lernumgebung werden auf Basis dieser Definition aus verschiedenen Schulbüchern sowie der Lernumgebung des Promotionsprojektes von Dudzinska (2020) gesammelt und aufgearbeitet.

Das Problemlösen verstehen wir als einen Prozess nach dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001). In diesem Modell sind Problemlöseprozesse wechselseitig mit Wissenskomponenten vernetzt. Diese Wissenskomponenten bestehen im Wesentlichen aus einem hierarchisierten und vernetzten Faktenwissen sowie vorliegenden Problemschemata, die aus Erfahrungen mit vorherigen Problemen entstanden sind. Der Prozess der Problemlösung beinhaltet bis zu vier Phasen beginnend mit der Problemrepräsentation, der Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas, der Ausarbeitung einer Lösung und schließlich der Evaluation der Lösung (Friege, 2001, S.76ff). In der zu entwickelnden Lernumgebung sollen diese Phasen präsentiert und durchlaufen werden, um mit den Schülerinnen und Schülern eine Sammlung von Problemschemata zu trainieren und sie dadurch für eine selbstständige Problemlösung zu qualifizieren.

Zur Vermittlung der Kompetenzen wollen wir auf die interdisziplinär intensiv beforschte Methode der Beispielaufgaben (worked-out examples) zurückgreifen (z.B. Atkinson et al., 2000; Hilbert et al., 2008). Eine Beispielaufgabe besteht grundsätzlich aus einer Problembeschreibung bzw. Aufgabenstellung, einem Lösungsweg und einer Lösung. Es gibt jedoch einige Möglichkeiten, eine Beispielaufgabe an den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen, wie die Vollständigkeit des Lösungsweges oder das Vorhandensein von Erklärungen (Dudzinska, 2020).
In der Lernumgebung werden die Probleme als Beispielaufgaben aufgearbeitet. Das heißt, sie werden unter Verwendung eines Problemschemas gelöst und die Lösung inklusive der Lösungsschritte den Lernenden präsentiert. Zusätzlich sollen zentrale Stellen des Lösungsweges um Erklärungen ergänzt werden. Im Verlauf der Bearbeitung sollen die systemseitigen Erklärungen reduziert und die Lernenden zum Selbsterklären aufgefordert werden. Weiterhin werden die Beispielaufgaben zunehmend unvollständig, wodurch die Schülerinnen und Schüler immer größere Abschnitte der Problemlösung selbstständig ausführen müssen.

Um den Lernzuwachs durch die Lernumgebung zu erheben, steht ein in der AG Physikdidaktik entwickelter Energietest zur Verfügung. Der Energietest wurde im Rahmen vorangegangener Projekte (z. B. Dudzinska, 2020) entwickelt und im Rahmen von LernMINT erweitert. Eine Pilotierung dieses Messinstruments konnte bereits zeigen, dass die Items Rasch-skaliert sind und sich für die Messung des konzeptionellen Wissens zum Thema Energie eignen.

Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projektes
Nach der Entwicklung des Energietests zur Messung des Fachwissens soll nun ein Messinstrument zur digitalen Erhebung der prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich des physikalischen Problemlösens entwickelt werden. Nachdem bereits einige einzelne adaptive

Elemente für die Lernumgebung fertiggestellt wurden, sollen diese Module nun zu einer zusammenhängenden Lernplattform erweitert werden.
Im Rahmen einer Pilotstudie sollen im Jahr 2024 erste Daten über die Benutzung der Lernumgebung durch Schülerinnen und Schüler gesammelt werden. Dabei sollen neben den Ergebnissen aus den Kompetenztests auch Logdaten erhoben werden, die uns einen Einblick in die Interaktion zwischen Lernenden und Lernumgebung ermöglichen.
Mithilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens sollen die so gewonnen Daten genutzt werden, um eine automatisierte Adaptivität der Lernumgebung implementieren zu können. Die Adaptionen sollen dafür sorgen, dass die Lernenden auf sie zugeschnittenes Feedback erhalten, wenn sie es benötigen und die Vollständigkeit der Beispielaufgaben ihre Bedürfnisse abdeckt.

Literatur

Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. In: Review of Educational Research 70 (2)

Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. In: Studien zum Physik- und Chemielernen, 218, Berlin: Logos Verlag.

Dörner, D. (1976). Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart: Kohlhammer.

Dudzinska, M. (2020). Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen. In: Studien zum Physik- und Chemielernen, 288. Berlin: Logos Verlag.

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. In: Studien zum Physiklernen, 19, Berlin: Logos Verlag.

Hilbert, T. S., Renkl, A., Schworm, S., Kessler, S. & Reiss, K. (2008). Learning to teach with worked-out examples: a computer-based learning environment for teachers. In: Journal of Computer Assisted Learning 24 (4), S. 316-332.

Niedersächsisches Kultusministerium (2015). Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften in der Fassung vom 30.06.2021.

OECD (2019). PISA 2018 Results (Volume I). What students Know and Can Do, PISA. Paris: OECD Publishing.

Smith, M. U. (1991). Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.

Tom Bleckmann[1]
Gunnar Friege[1]

[1]IDMP-AG Physikdidaktik
Leibniz Universität Hannover

Feedback durch Machine Learning – Automatische Rückmeldung zu Concept Maps

Theoretischer Hintergrund

Feedback ist wohl das prominenteste Element des formativen Assessmentprozesses und wird in vielen Untersuchungen als zentrale Schlüsselstrategie betrachtet (Black & Wiliam, 2009; Bürgermeister et al., 2014; Heritage, 2007). Feedback kann dabei durch Lehrkräfte genutzt werden, indem sie die gesammelten Informationen verwenden, um den nachfolgenden Unterricht an das Lernniveau der Lernenden anzupassen, z. B. durch unterschiedliche Aufgabenblätter oder Unterrichtsanfänge. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Lernenden ein direktes individuelles Feedback erhalten, mit dem sie ihren Lernprozess selbstständig optimieren können (Schütze et al., 2018).

Je nach Fachgebiet gibt es unterschiedliche Klassifizierungen von Feedback (Müller & Ditton, 2014). Eine Möglichkeit ist die Differenzierung auf der inhaltlichen Ebene. Dabei wird zwischen einfachem und elaboriertem Feedback unterschieden (Narciss, 2006). Die einfache Variante des Feedbacks bezieht sich nur auf die Information, ob die Lösung der Aufgabe richtig oder falsch war (*knowledge of results*). Nach Narciss (2006) können zusätzliche Informationen zu inhaltlichen Aspekten, wie z.B. Informationen über die Art der Aufgabe (*knowledge on task constrains*) oder über Erklärungen von Fachbegriffen (*knowledge about concepts*), zu den elaborierten Formen des Feedbacks gezählt werden.

Damit die Lernenden ein individuelles Feedback erhalten können muss in der Regel eine große Menge unterschiedlichen Daten gesammelt, analysiert und zurückgemeldet werden. In Klassenzimmern mit oft mehr als 20 Lernenden ist ein individuelles Feedback für jeden Lernenden jedoch weder realistisch noch machbar (Hunt & Pellegrino, 2002). Und da kurz- oder mittelfristiges Feedback den größten Einfluss auf die Leistungen der Lernenden hat (Maier, 2010), stellt die formative Beurteilung für viele Lehrkräfte eine große Herausforderung dar. Um dieses Problem zu lösen, wird in der fachdidaktischen Forschung eine neue Art der Datenanalyse mit Techniken des maschinellen Lernens eingesetzt (Zhai et al., 2020), so auch für die Erstellung von automatischem Feedback (z. B. Yik et al., 2021).

Ein zentraler Aspekt, der nicht nur für automatisch generiertes Feedback wichtig ist, ist die Qualität des Feedbacks (Wolf, 2014). Ein automatisches Feedbacksystem kann den Lehrkräften viel Arbeit in Form von Bewertungen und Analysen abnehmen und sie in ihrem Schulalltag unterstützen. In den meisten Fällen wird eine Lehrkraft jedoch in der Lage sein, qualitativ hochwertigeres Feedback zu geben, als ein automatisches Feedbackmodell (Herding et al., 2010). Insbesondere für die formative Beurteilung ist ein transparentes und klar verständliches Feedback ein notwendiges Kriterium. Wenn eine Lehrkraft ein automatisches Feedback verwenden möchte, muss es daher nicht nur schnell und einfach verfügbar sein, sondern auch eine hohe Qualität aufweisen, damit die Lehrkräfte nicht durch zusätzliche

Kontrollen mehr Arbeit haben. Voraussetzung für die Nutzung eines Machine Learning Modells im Schulalltag als automatisches Feedbacktool ist eine konkrete Ausarbeitung des Feedbacks. In dieser Arbeit soll deshalb die automatisch generierte Rückmeldung für Lehrkräfte und Lernenden vorgestellt werden. Die Ergebnisse der Studie können dazu beitragen, ein besseres Verständnis dafür zu vermitteln, wie maschinell generiertes Feedback zur Verbesserung des formativen Assessments in der Schule eingesetzt werden kann.

Concept Map und ML-Modell

Als formative Assessmentmethode wurde eine Concept Map gewählt. Concept Maps sind gerichtete Graphen, in denen die Knoten klar definierte Konzepte und die Kanten ihre Beziehungen darstellen (Novak & Cañas, 2008). Sie eignen sich gut für die formative Beurteilung und als Grundlage für Feedback (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Das Thema für die Concept Map war Mechanik der 11 Jahrgangsstufe. Es wurde ein geschlossenes Format gewählt, um vergleichbare Concept Maps zu erhalten und um die Lernenden nicht zu überfordern. Konzepte und ihre räumliche Anordnung waren daher vorgegeben. Die Aufgabe der Lernenden bestand darin, die 19 Propositionen selbst zu generieren. Der Ansatz zur Analyse der Concept Maps konzentriert sich auf die Auswertung der einzelnen Propositionen. Dies hat den Vorteil, dass die Propositionen im Detail untersucht werden können und so Wissenslücken sichtbar werden (Bak Kibar et al., 2013).

Die Propositionen wurden zunächst von zwei menschlichen Ratern bewertet (Übereinstimmung 87 % mit einem Cohen's Kappa von 0,83). Auf dieser Grundlage wurden mehrere gängige Algorithmen für maschinelles Lernen getestet (Zhai et al., 2020). Der verwendete Ansatz entspricht einem klassischen überwachten maschinellen Lernansatz. Eine detaillierte Beschreibung des maschinellen Lernmodells und dessen Performance findet sich in Bleckmann & Friege (2023).

Automatisches Feedback

Für das automatische Feedback wurden zwei verschiedene Ansätze gewählt. Das kompakte Feedback besteht aus Bewertungen von richtig oder falsch ausgefüllten Textfeldern der Propositionen. Da die Propositionen als einzelne Items betrachtet und analysiert werden, entspricht dieses Feedback *knowledge of results*. Das elaborierte Feedback basiert auf einem vierstufigen Bewertungsschema (Fischler & Peuckert; 2000; Friege; 2001), das aus drei

Tab 1: Bewertungsschema für das elaborierte Feedback

Kategorie	Beschreibung	Beispiel-Antwort
A	Falscher Zusammenhang	… ist konstant …
B	Einfacher Zusammenhang	…verändert sich …
C	Gerichteter Zusammenhang	… steigt …
D	Detaillierter Zusammenhang	… steigt linear …

Abstufungen für richtige und einer Kategorie für falsche Beziehungen besteht (siehe Tabelle 1). Dies hat den Vorteil, dass eine viel genauere Rückmeldung gegeben werden kann.

Die automatische Auswertung ermöglicht so ein gezieltes und zeitnahes Feedback, ohne zusätzlich Zeit für die manuelle Auswertung der Concept Map aufwenden zu müssen. So können Lernende identifiziert werden, die Schwierigkeiten hatten, die Concept Map auszufüllen. Durch unterschiedliche Grafiken können schnell und einfach Informationen über den Leistungsstand der Schulklasse gewonnen werden (siehe Abbildung 1). Die Informationen können dann von den Lehrkräften für den weiteren Unterricht oder von den Lernenden direkt als Lernhilfe genutzt werden.

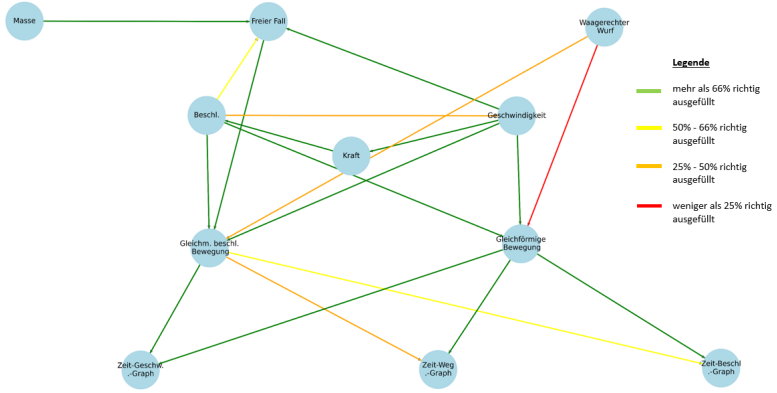


Abb. 1: Automatische Auswertung der Concept Map auf Klassenebene

Ausblick

Diese Studie legt den Grundstein für eine formative Beurteilungsmethode, die mit automatischem Feedback in Schulen eingesetzt werden kann. Aufgrund der guten Ergebnisse ist der Ansatz bereit, in der Schule getestet zu werden. Die Concept Map wird als eine Art Vorwissenstest und später, kurz vor der Prüfung, erneut eingesetzt. Die Feedbackmodelle können die Concept Maps der Lernenden schnell und einfach auswerten. Ein Beispiel für ein ausgearbeitetes Feedback für eine Proposition, welche mit Kategorie B bewertet wurde, könnte wie folgt aussehen: "*Diese Proposition ist richtig, aber sie könnte noch etwas präziser formuliert werden. Du könntest mehr Details hinzufügen, z. B. wie genau sich etwas verhält, um eine umfassendere Antwort zu geben*". Es werden beide Feedbacktypen getestet, um zu untersuchen, welcher Ansatz im Schulalltag die besseren Ergebnisse liefert. Lehrerinnen und Lehrer können auf diese Weise nicht nur entlastet, sondern auch in ihrer wichtigen Arbeit unterstützt werden. Sie können die automatische Auswertung der Concept Map nutzen, um ihren Lernenden ein individuelles Feedback zu geben und sie so optimal in ihrem Lernprozess zu unterstützen. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass der Einsatz von maschinellem Lernen die naturwissenschaftliche Bildungsforschung weiter voranbringt und die Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, insbesondere mit der Informatik, fördern kann.

Literatur

Bak Kibar, Z., Yaman, F. & Ayas, A. (2013). Assessing prospective chemistry teachers' understanding of gases through qualitative and quantitative analyses of their concept maps. Chemistry Education Research and Practice, 14(4), 542–554. https://doi.org/10.1039/c3rp00052d

Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

Bleckmann, T. & Friege, G. (2023). Concept maps for formative assessment: Creation and implementation of an automatic and intelligent evaluation method. Knowledge Management & E-Learning: An International Journal, 433–447. https://doi.org/10.34105/j.kmel.2023.15.025

Bürgermeister, A., Klieme, E., Rakoczy, K., Harks, B. & Blum, W. (2014). Formative Leistungsbeurteilung im Unterricht: Konzepte, Praxisberichte und ein neues Diagnoseinstrument für das Fach Mathematik. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), Tests und Trends: Neue Folge Band12. Lernverlaufsdiagnostik (S. 41–60). Hogrefe.

Fischler, H., & Peuckert, J. (2000). Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Logos Berlin (Verlag).

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Logos Berlin (Verlag).

Herding, D., Zimmermann, M., Bescherer, C. & Schroeder, U. (2010). Entwicklung eines Frameworks für semi-automatisches Feedback zur Unterstützung bei Lernprozessen. In DeLFI 2010 - 8. Tagung der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V (S. 145–156).

Heritage, M. (2007). Formative Assessment: What Do Teachers Need to Know and Do? https://doi.org/10.1177/003172170708900210

Hunt, E. & Pellegrino, J. (2002). Issues, Examples, and Challenges in Formative Assessment. New Directions for Teaching and Learning, 2002, 73–85. https://doi.org/10.1002/tl.48

Maier, U. (2010). Formative Assessment - Ein erfolgversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. https://doi.org/10.1007/s11618-010-0124-9

Müller, A. & Ditton, H. (2014). Feedback: Begriff, Formen und Funktionen. In H. Ditton (Hrsg.), Feedback und Rückmeldungen: Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder (S. 11–28). Waxmann.

Narciss, S. (2006). Informatives tutorielles Feedback: Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 56. Waxmann.

Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida. http://cmap.ihmc.us/Publications/

Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. Journal of Research in Science Teaching, 33(6), 569–600.

Schütze, B., Souvignier, E. & Hasselhorn, M. (2018). Stichwort - Formatives Assessment. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 21(4), 697–715. https://doi.org/10.1007/s11618-018-0838-7

Wolf, N. (2014). Formative Leistungsmessung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Yik, B. J., Dood, A. J., Cruz-Ramírez de Arellano, D., Fields, K. B. & Raker, J. R. (2021). Development of a machine learning-based tool to evaluate correct Lewis acid–base model use in written responses to open-ended formative assessment items. https://doi.org/10.1039/d1rp00111f

Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J., Haudek, K. C. & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. Studies in Science Education, 56(1), 111–151. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757

Marianne Korner Universität Wien

Akzeptanzbefragungen als Methode in der Ausbildung Lehramtsstudierender

Lehramtsausbildung

Im Lehramtsstudium ist eines der zentralen Ziele der Aufbau von professionellem Wissen als Basis gelingenden Unterrichts. Dieses Professionswissen wird häufig in die Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen geteilt (Baumert & Kunter, 2006). Diese Einteilung wird hier übernommen, da sich die Struktur der Lehramtsstudien an der Universität Wien – wie auch an vielen Universitäten in Deutschland – daran orientiert.
Fokussiert man auf das fachdidaktische Wissen von Lehrpersonen, so ist das Wissen um Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien und fachdidaktische Konzepte für die adressatengerechte inhaltliche und strukturelle Rekonstruktion von Unterrichtsinhalten jedenfalls ein wesentlicher Bestandteil, auf den hier fokussiert wird.

Die Akzeptanzbefragung (*probing acceptance*) als Methode in der Ausbildung

Die Akzeptanzbefragung (AB) ist eine Verbindung von Interview mit Microteaching und geht auf Jung (1992) zurück. Hintergrund war es, einerseits die Schwierigkeiten eines klassischen Interviews zu vermeiden (mögliche Grenzüberschreitungen zwischen Befragung und Lehren während des Interviews) und andererseits näher am Prozess des Lehrens zu sein. Bei einer AB versucht die Interviewer:in, anhand einer Abfolge von genau definierten Schritten herauszufinden, was vom gebotenen Material *akzeptiert* wurde und in wieweit es auf Problemstellungen angewendet werden kann.
Wiesner und Wodzinski (1996) greifen diese Methode auf. Aus dem Wissen heraus, dass Schülervorstellungen oftmals sehr stabil sind (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982), werden Schüler:innen in Einzelsettings physikalische Erklärungsangebote gemacht. In weiteren Schritten wird versucht herauszufinden, inwieweit sie die physikalische Sicht als Alternative zu ihren vor-unterrichtlichen Vorstellungen akzeptieren und anwenden können. Aus den die Antworten der Lernenden lassen sich Rückschlüsse auf deren Lernprozesse und Lernschwierigkeiten ziehen. Aufbauend auf der Analyse der Antworten ist es sinnvoll und möglich, das Lernangebot zu adaptieren.
Die Vorteile der AB liegen darin, dass ihre Struktur unmittelbar auf den Unterricht übertragen werden kann, dass Lernprozesse viel genauer als im Klassensetting beobachtet werden können und dass ein Nachfragen möglich ist, was in Summe tiefere Einblicke in die Konzeptentwicklung gewährt, als dies mit Unterrichtsbeobachtungen möglich wäre (Wiesner & Wodzinski, 1996).
AB stellen somit ein Mittel dar, um in wiederkehrenden Zyklen Erklärungsangebote für Lernende zu entwickeln, diese in Einzelsettings an paradigmatischen Fällen zu erproben und mögliche Lernschwierigkeiten zu identifizieren, um im Anschluss daran verbesserte Lernangebote zu entwickeln.
Die Struktur für den Ablauf einer AB kann man in Abbildung 1 sehen. Diese orientiert sich an der Arbeit von Becker (2023). Angepasst an die Altersstufe der Schüler:innen sollte die Erklärung nicht zu lange sein und kann in mehre Blöcke aufgeteilt werden. Ob und welche Materialien dazu verwendet werden ist in diesem Schema nicht festgelegt und obliegt der Wahl der Interviewer:in.

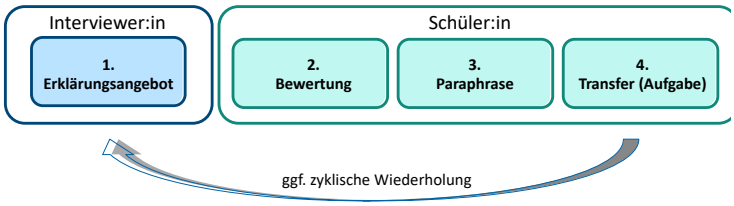


Abbildung 1: Struktur einer AB: ein Erklärungsangebot wird ein einem Dreierschritt durch die Lernenden bewertet, paraphrasiert und angewendet. (Becker, 2023, S. 67)

Nach der Bewertung der Erklärung durch die Schüler:innen (z.B. gut/schlecht; plausibel/ unplausibel; verständlich/unverständlich) erfolgt allenfalls eine Nachschärfung der Erklärung. Danach folgen Paraphrase und Anwendungsaufgabe(n). Es ist sinnvoll, die Durchführung der AB zumindest als Tonaufnahme festzuhalten, deren Inhalt transkribiert und analysiert wird.

AB in der Ausbildung Lehramtsstudierender

In diesem Beitrag wird nun über die darüber berichtet, wie man die ursprünglich empirische Forschungsmethode der AB in der Lehrer:innen-Ausbildung einsetzen kann; ferner welche Implikationen sich aus den bisher gemachten Erfahrungen für die Umsetzung ergeben; und zuletzt darüber, welche Lerngelegenheiten für Studierende dabei identifiziert werden konnten. Der Zweck der Durchführung der AB liegt hier somit weniger in der Entwicklung neuen Lernmaterials, wie das Wiesner und Wodzinski (1996) beschreiben, als darin, Lerngelegenheiten für Studierende zu schaffen. Dieses Vorgehen erscheint insofern legitim, da beschreiben wird (ebd., S. 271), dass die AB besonders dazu geeignet sei, individuelle Lernverläufe zu beobachten und Lernschwierigkeiten zu diagnostizieren.
Die Fragestellungen dieser Untersuchung im Sinne der Aktionsforschung (Posch, 2009) lauten daher:

- Wie lässt sich die AB (organisatorisch) in die Ausbildung Lehramtsstudierender implementieren?
- Wie können mit dem Einsatz der AB im Begleitseminar zur Schulpraxis Lerngelegenheiten für Studierende geschaffen werden hinsichtlich:
- der Qualität ihrer Erklärungen und Aufgabenstellungen für Schüler:innen
- der Identifizierung von Lernendenvorstellungen und Lernschwierigkeiten aus Paraphrasen
- des Kennenlernens der Lernprozesse von Schüler:innen.

Durchführung und Datenerhebung

Die AB wurden von Bachelorstudierenden des Lehramts Physik (überwiegend 6. bis 8. Studiensemester) im Rahmen der Begleitlehrveranstaltung zur ihrer Schulpraxis (Umfang: 15 Stunden) durchgeführt und dokumentiert. Insgesamt wird über drei Seminare von SoSe 2022 bis SoSe 2023 berichtet. Einer der Punkte, den die Studierenden zu erledigen hatten, war es eine AB zu planen, mit zumindest eine:r Schüler:in durchzuführen und zu analysieren. Das zu erprobende Thema der AB war völlig freigestellt, als sinnvoll erschien es, eines im Zusammenhang mit der eigenen Unterrichtstätigkeit zu wählen. Eine Möglichkeit bestand auch darin, die stummen Erklärvideos der LMU München zu verwenden (Schweinberger, 2018). Ziel der AB war es, anhand des Transkriptes in einem ersten Schritt *zumindest eine* Lernschwierigkeit oder eine Schülervorstellung zu identifizieren. Die Organisation der AB war für die Studierenden eine gewisse Herausforderung, da sie nach Einverständnis der

Erziehungsberechtigten eine:n Schüler:in für maximal eine Unterrichtsstunde benötigten. Es wurde so gelöst, dass entweder eine Person aus dem Regel-(Physik-) Unterricht, aus einer Supplierstunde oder der Nachmittagsbetreuung genommen wurde. In manchen Fällen kam es vor, dass sich Lernende nur zu zweit bereit erklärten, an der AB teilzunehmen, was auch akzeptiert wurde. Auch andere geeignete Personen, wie z.B. Nachhilfeschüler:innen, wurden akzeptiert, da nicht diese beforscht werden sollten, sondern die Studierenden Lern- und Übungsgelegenheiten wahrnehmen sollten.
Die Begleitung des gesamten Prozesses innerhalb der Lehrveranstaltung (LV) gliederte sich in mehrere Schritte: Zunächst wurde noch vor Durchführung der AB die geplante Erklärung durch die Studierenden präsentiert und es wurde hinsichtlich der adressatengerechten, didaktisch stringenten Erklärung und verwendeten Materialien durch die Gruppe und die LV-Leitung Feedback gegeben. Nach der Durchführung der eigentlichen AB an den Schulen berichteten die Studierenden in Einzelvorträgen in der LV über ihre Erfahrungen. Dabei sollten aus dem Transkript der AB zwei bis drei Stellen wiedergegeben werden, anhand derer aus einer Äußerung von Schüler:innen deren Lernschwierigkeit dahinter besprochen wurde. Auch hier gab es wiederum eine Feedbackphase durch Peers und LV-Leitung. Der letzte Schritt bestand darin, dass die Erfahrungen, Analysen und das Feedback in einem Portfolioeitrag verschriftlichte wurden.

Ergebnisse
Die ABs konnten alle in einem Zeitrahmen von 15 bis 35 min durchgeführt werden, was sich in den meisten Fällen wie oben beschrieben organisieren ließ.
Um die Lerngelegenheiten und Schlussfolgerungen für die Studierenden zu sammeln, standen $N = 46$ Seminarvorträge (Dauer: etwa 8 min) und ebenso viele Portfolioeinträge zur Verfügung. Die Studierenden sollten dabei mindestens eine Textstelle aus der AB transkribiert vorlegen und ihre Schlussfolgerungen und Diagnosen hinsichtlich konzeptueller und Lern-Schwierigkeiten darlegen, sowie eine kurze Reflexion über die AB verfassen. Darüber hinaus erfolgten abschließende Einzelfeedbackgespräche zur Lehrveranstaltung, in denen unter anderem diese Analysen nochmal thematisiert wurden. Auf Basis dieser Datengrundlage, daher Selbsteinschätzung der Studierenden und Einschätzung der LV-Leitung, können zu folgenden Bereichen Aussagen gemacht werden:
- Die AB lässt sich gut in die Schulpraxis implementieren und organisieren.
- Die AB bietet eine Übungsgelegenheit, Key Ideas zu (komplexeren) Erklärungen zu formulieren und die adressatengerechte didaktische Elementarisierung und Rekonstruktion üben. Das gilt sowohl für Themen, zu denen es Unterrichtskonzeptionen (Wilhelm, Schecker, & Hopf, 2021) gibt, als auch zu solchen, wo es keine gibt.

Die AB kann dazu führen, dass ...
- Studierende erkennen, dass scheinbar klar formulierte Aufgabenstellungen zwar fachlich korrekt, aber nicht adressatengerecht formuliert sein können.
- Auslassungen und Transformationen in der Paraphrase wichtige Informationen für Lehrkräfte beinhalten. Insbesondere konnten durch die Studierenden Unterschiede zwischen Lernenden, die auf der Beispielebene bleiben und welchen, die die Verallgemeinerung wiedergeben können, identifiziert werden.
- die Erkenntnis gewonnen wird, dass Wiedergeben sich von Anwendenkönnen unterscheidet.
- der Jargons des Schulalltags „Lernende haben etwas *verstanden*“ kritisch hinterfragt werden muss. Beurteilt werden können nur Evidenzen, die sich aus dem Anwenden eines Konzepts oder einer Idee auf eine (neue) Problemstellung ergeben.

Studierende beschreiben, dass die AB ...
- eine Übungsgelegenheit darstellte, *wie* der Rückschluss von *Äußerungen im Rahmen der Paraphrase* auf Lernschwierigkeiten erfolgt. Hier scheint das mehrmalige Feedback in der Lehrveranstaltung von entscheidender Bedeutung.
- eine Übungsgelegenheit darstellte, *wie* der Rückschluss von Schwierigkeiten bei der *Bearbeitung von Aufgaben* auf Lernschwierigkeiten erfolgt.
- zur Erkenntnis führen kann, dass ein ausreichend erscheinendes Wiederholen einer Erklärung noch keinen *Conceptual Change* hervorgerufen haben muss, bzw. dass Lernende unter Belastung des neuen Konzeptes in die Alltagsvorstellungen zurückfallen.

Fazit

Ein Fazit der Autorin ist es, dass wir als Lehrende der Fachdidaktik nicht in die Kognitivismus-Falle treten mögen: Auch auf Hochschulebene scheint es essentiell, Unterricht zu konstruktivistisch zu gestalten und den Studierenden ausreichend strukturierte und angeleitete Lerngelegenheiten zu geben hinsichtlich *ihres* zu vollziehenden *Conceptual Change* was Lehren betrifft. Auf Basis der hier geschilderten Erfahrungen scheint die AB ein geeignetes Instrument dafür zu sein.

Als limitierend für diese Untersuchung stellt es sich heraus, dass die Ergiebigkeit der AB für Studierende kritisch davon abhängt, wie die Lernende antworten, was einen Fokus auf Lernschwächere sinnvoll macht. An eine AB anschließend könnte ein möglicher Auftrag an Studierende lauten, präzisierte und adaptierte Erklärungen zu finden.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, N. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9*(4), 469-520.

Becker, M. (2023). *Der Energie-Feld-Ansatz: Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes für den Energieunterricht der Sekundarstufe II.* (PhD). Universität Wien, Wien.

Hewitt, P. G. (2009). *Conceptual Physics. Teacher's Edition.* Boston: Person.

Jung, W. (1992). *Probing Acceptance. A Technique for Investigating Learning Difficulties.* Paper presented at the Reseach in Physics Learning. Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop, Kiel.

Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 633-648). Berlin, Heidelberg: Springer.

Posch, P. (2009). *Aktionsforschung und Kompetenzentwicklung*. Paper presented at the 14. Jahrestagung Nordverbund Schulbegleitforschung. Schulbegleitforschung und Kompetenzentwicklung., Oldenburg.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education, 66*, 211-227.

Schweinberger, M. (2018). „Stumme Videos“ zur Ausbildung von Lehrkräften. Retrieved from https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lmu/video/, abgerufen am 16.08.2023

Wiesner, H., & Wodzinski, R. (Eds.). (1996). *Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen*. Kiel: IPN.

Wilhelm, T., Schecker, H., & Hopf, M. (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer.

Phillip Gerald Schoßau [1]
Uta Magdans [1]
Rebecca Lazarides [2]
Andreas Borowski [1]

[1]Lehrstuhl Didaktik der Physik (Universität Potsdam)
[2]Professur für Schulpädagogik (Universität Potsdam)

Synchrone und hybride Online-Lehrkräftefortbildungen im Vergleich

Mit dem Ruf der KMK nach mehr Digitalität an deutschen Schulen und mit der Verlagerung von Fortbildungen in den digitalen Raum während der Corona-Pandemie haben Online-Lehrkräftefortbildungen zunehmend an Bedeutung gewonnen (Kultusministerkonferenz, 2017) (Daschner et al., 2019). In der Fortbildungslandschaft haben sich drei Arten von Online-Fortbildungsformaten in Bezug auf den Grad der Synchronität, also der zeitlichen Nähe in der Kommunikation zwischen Dozierenden und Lehrkräften, etabliert. Während eine klassische, rein synchrone Online-Fortbildung eine direkte Kommunikation ermöglicht (bspw. Videokonferenzplattformen), ist bei rein asynchronen Formaten die Kommunikation zeitlich versetzt (bspw. Online-Foren, Chat). Das dritte, hybride Fortbildungsformat kombiniert beide Anteile und findet häufig Anwendung im sogenannten flipped classroom, wo die Input-Phasen asynchron in Form von Lernvideos ausgelagert und die Inhalte in den synchronen Phasen besprochen und vertieft werden. Bislang offen bei der Gegenüberstellung der Formate ist der Vergleich dieser untereinander in Hinblick auf die Wirksamkeit bzw. den Fortbildungserfolg. In diesem Beitrag wird ein erster Ansatz einer Gegenüberstellung eines rein synchronen Online-Fortbildungsformats mit einem hybriden vorgestellt. Dazu wurden synchrone und hybride Fortbildungen zum Thema Messunsicherheiten im Physikunterricht durchgeführt, begleitet von Online-Fragebögen im Pre-Post-Follow Up-Design.

In der Forschung zu Lehrkräftefortbildungen wird häufig das 4-Ebenen-Modell von Kirkpatrick (Kirkpatrick, 2006) herangezogen, um den Begriff des Fortbildungserfolgs bzw. die Wirksamkeit guter Fortbildung zu definieren und zu operationalisieren. In dem Modell werden vier einzelne Etappen einer guten Fortbildung beschrieben:

1. Akzeptanz und **Zufriedenheit** der Fortbildung
2. Förderung von Professionskompetenzen (**Kompetenzzuwachs, Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation**, etc.)
3. **Transfer** in Schule und Unterricht
4. Förderung der Kompetenzen der Schüler*innen

Aus dem Modell ist ersichtlich, dass sich die Ebenen sukzessiv bedingen. Nur wenn die Lehrkraft die Fortbildung als gut empfindet, kann Ebene 2 erreicht werden. Gleichzeitig zeigt das 4-Ebenen-Modell aber auch, dass für nachhaltige Fortbildungen es nicht ausreicht allein Zufriedenheit zu messen, da bei fehlender Weiterentwicklung der Professionskompetenzen der Wunsch nach Verhaltensänderung und Transferleistung ausbleibt. So wird das eigentliche Ziel der Fortbildung, die Förderung der Kompetenzen der Schüler*innen, nicht erreicht (Alliger et al. 1997). Aus dem Modell leitet sich die zentrale Forschungsfrage ab:

Inwiefern unterscheidet sich ein synchrones Onlinefortbildungsformat von einem hybriden hinsichtlich Zufriedenheit, Kompetenzzuwachs, Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation und Transfer?

Nachfolgend werden die für den Beitrag relevanten Merkmale genauer vorgestellt. Unter dem Begriff des Kompetenzzuwachses wird in dem Beitrag die Steigerung der Problemlösefähigkeit, was nicht nur Wissen umfasst, sondern auch die Bereitschaft und Fähigkeit beinhaltet,

diese Lösungen in verschiedenen Situationen erfolgreich und verantwortungsbewusst anzuwenden verstanden (Weinert, 2001). Der Fortbildungsgegenstand ist die Anwendung von Messunsicherheiten im Physikunterricht. Auf Grundlage des Sachstrukturmodells nach Hellwig (Hellwig, 2013) erfahren die Lehrkräfte in der Fortbildung einen Kompetenzzuwachs, weil sie in der Lage sind, Messunsicherheiten in der Schule sowohl qualitativ als auch quantitativ angemessen zu betrachten. Mit Blick auf die Studie eignet sich das Thema in der Art, da es in den letzten zehn Jahren zu einem Paradigmenwechsel in Bezug zum Umgang mit Messunsicherheiten gegeben hat. Dadurch und mit dem Einführen der neuen Bildungsstandards 2020 ist ein Fortbildungsbedarf entstanden, wodurch zu erwarten ist, dass ein Kompetenzzuwachs im Fachwissen messbar ist. Für die Überprüfung werden Items von Schulz zu Messunsicherheiten in Form eines Multiple-Choice-Tests verwendet, welche nach dem neuen Paradigma richten (Schulz 2017).

Als zweites Merkmal wird die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) untersucht. Ausgehend von der sozial-kognitiven Theorie von Bandura wird unter SWE das Vertrauen in die eigene Handlung bzw. die Bereitschaft, Handlungen auch in schwierigen Situationen umzusetzen, verstanden (Bandura, 1976). Passend zum Fortbildungsgegenstand wurden von Mainhardt et al. sechsstufige Likert-Skalen zur SWE im Umgang mit Messunsicherheiten im Fach Physik entwickelt (Mainhardt et al., 2017)[1]. Die Annahme einer großen Änderung der SWE legitimiert auch hier den Fortbildungsgegenstand, weil die Lehrkräfte durch den Paradigmenwechsel verunsichert im Umgang der neuen Elemente sind.

Das dritte Merkmal ist die Motivation. Unter Motivation wird die Tendenz und Ausrichtung von Menschen auf spezifische Aktivitäten verstanden, die dazu beitragen, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes Verhalten initiiert, beibehalten oder beendet wird (Rheinberg 2004). Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan wird menschliches Handeln durch die drei zentralen Grundbedürfnisse Autonomieerleben, Kompetenzerleben und dem Erleben sozialer Zugehörigkeit initiiert und aufrechterhalten (Deci und Ryan, 1993). Diese drei Einflussfaktoren können mithilfe von sechsstufigen Likert-Skalen zur Überprüfung der intrinsischen Motivation nach Wilde et al. gemessen werden.

Die Durchführung der Studie erfolgte im Pre-Post-Follow up-Design. Dabei werden über einen Zeitraum von vier Monaten zu jedem Fortbildungsformat Online-Fragebögen zu drei verschiedenen Testzeitpunkten eingesetzt. Beide Fortbildungsformate bestehen aus jeweils fünf synchronen Sitzungen, wobei von den 18 Zeitstunden der rein synchronen Fortbildung sieben Stunden Input als Lernvideos in dem hybriden Format ausgelagert werden. Der hohe zeitliche Aufwand erklärt sich u.a. anhand der Kriterien guter Fortbildungen von Lipowsky et al. (Lipowsky, 2021), wonach gute Fortbildungen sich durch ausreichend Zeit für ein Wechselspiel von Input-, Übungs- und Reflexionsphasen auszeichnen. Die Vergleichbarkeit der beiden Fortbildungsformate wird durch die Konzeption der Kursstruktur nach Oser gesichert (Oser, 2001). Das Oser-Basis-Modell ist ein Lehr-Lern-Modell, welches Unterricht in eine sogenannte Tiefen- und Sichtstruktur unterteilt. Während die Tiefenstruktur die kognitiven Prozesse des Lernens beschreibt und damit unveränderlich im Ablauf ist, kann die dazugehörige

[1]Für SWE werden drei sechsstufige Likert-Skalen (1 = geringe Ausprägung … 6 = große Ausprägung) benutzt in Bezug auf den Einsatz von MU zu verschied. Unterrichtssituationen.

Aktivität auf Sichtstrukturebene beliebig sein. Somit ist neben der Zielgruppe (Physiklehrkräfte der Sekundarstufen) und der Gesamtdauer der Fortbildung sowohl der Fachinhalt als auch die Vermittlung auf Tiefenstrukturebene als Kontrollvariable anzusehen.

Bislang wurden drei synchrone Fortbildungen mit 48 und zwei hybride Fortbildungen mit 29 Physiklehrkräften durchgeführt. Auffällig, aber nicht unüblich, ist die geringe Rücklaufquote der Fragebögen von 66% bei der synchronen und 50% bei der hybriden Fortbildung, was ebenso wie das Ausstehen der Follow Up-Erhebungen der hybriden Fortbildungen mit zu berücksichtigen ist.

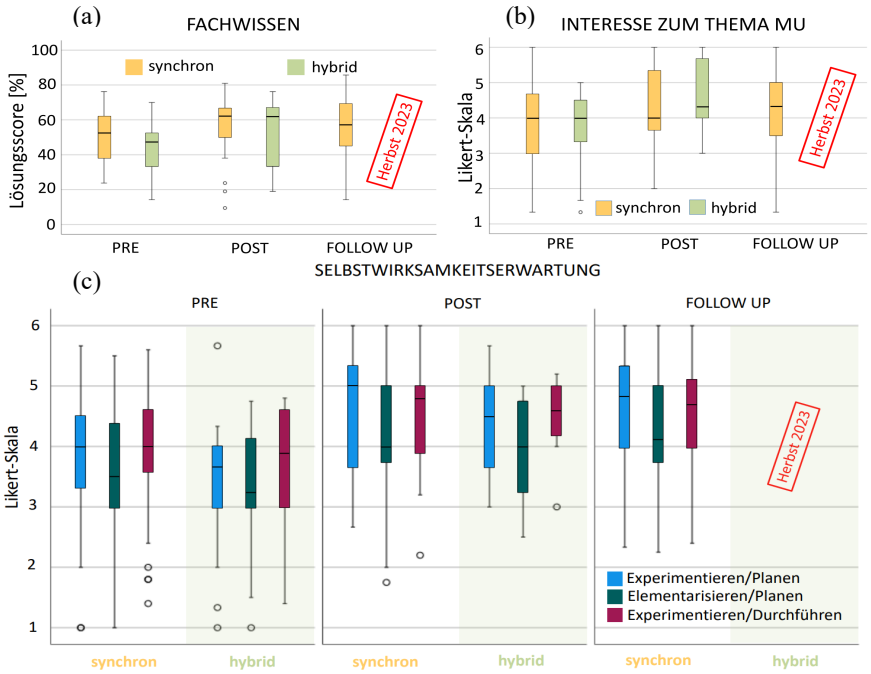


Abb. 1: Box-Plot-Diagramme zum Vergleich der Fortbildungsformate zu den Merkmalen Kompetenzzuwachs (a), Motivation (b) und Selbstwirksamkeitserwartung (c).

Die in Abbildung 1 dargestellten Boxplots zeigen, dass es im Mittel einen Anstieg sämtlicher Merkmale zwischen dem Pre-Test und den Folge-Erhebungen bei beiden Formaten, was generell von einem Fortbildungserfolg bei beiden Formaten zeugt. Der Anstieg ist unter Anwendung Friedmann-Tests bei beiden Formaten signifikant für die SWE und für die intrinsischen Motivation. Auffällig dabei ist eine mittlere bis hohe Effektstärke im hybriden Format sowie eine Signifikanz im Fachwissenstest. Es scheint, dass die Teilnehmenden im hybriden Format scheinbar stärker von der Fortbildung profitieren als im synchronen Format. Bei Vergleich der Formate zu einem bestimmten Testzeitpunkt zeigt sich hingegen kein signifikanter Unterschied. Die einzige Ausnahme bildet der Pre-Test im Fachwissen, wo nach Anwendung des Mann-Whitney-U-Tests die hybride Gruppe zunächst signifikant schwächer abschneidet, bis dieser signifikante Unterschied im Post-Test verschwindet. Es bleibt zu untersuchen, inwiefern die erhöhte Quote an Quer- und Seiteneinsteiger im hybriden Format Einfluss auf die im Mittel niedrigeren Merkmalsausprägungen zum Pre-Test hat. Der geringe Stichprobenumfang muss jedoch mitberücksichtigt werden.

Literatur

Alliger, George M.; Tannenbaum, Scott I.; Bennett Jr, Winston; Traver, Holly; Shotland, Allison (1997): A meta-analysis of the relations among training criteria. In: *Personnel psychology* 50 (2), S. 341–358.

Bandura, Albert (1976): Lernen am Modell. Online verfügbar unter http://sfbs.tu-dortmund.de/handle/sfbs/48.

Daschner, Peter; Hanisch, Rolf (2019): Lehrkräftefortbildung in Deutschland - Bestandsaufnahme und Orientierung, Beltz Juventa

Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. DOI: 10.25656/01:11173.

Hellwig, Julia (2013): Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Fakultät für Physik und Astronomie. Online verfügbar unter https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/1700, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

Kirkpatrick, Donald; Kirkpatrick, James (2006): Evaluating training programs: The four levels: Berrett-Koehler Publishers.

Kultusministerkonferenz (2017): Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz, Sekretariat der Kultusministerkonferenz

Lipowsky, Frank; Rzejak, Daniela (2021): Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten; Bertelsmann-Stiftung

Meinhardt, Claudia; Rabe, Thorid; Krey, Olaf (2016): Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skalendokumentation. Version 1.0 (Februar 2016): null.

Messunsicherheit in den Kernlehrplänen (2021). Online verfügbar unter https://physikkommunizieren.de/messunsicherheit/kernlehrplaene/#Ausgleichsgerade, zuletzt aktualisiert am 02.11.2021, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

Oser, Fritz K.; Baeriswyl, Franz J. (2001): Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In: *Handbook of research on teaching* 4, S. 1031–1065.

Rheinberg, Falko (2004): Motivationsdiagnostik: Hogrefe Verlag (5).

Schulz, Johannes (2017): Messung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten. Ergebnisse einer Präpilotierung. GDCP Jahrestagung 2017. GDCP e.V. Regensburg, 2017.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Republik Deutsch

Weinert, Franz E. (Hrsg), Leistungsmessungen in Schulen, Weinheim und Basel, 2001, S. 27f

Dennys Gahrmann[1]
Irene Neumann[2]
Andreas Borowski[1]

[1] Universität Potsdam
[2] IPN Kiel

Leistungsdispositionen zum Physikstudienbeginn

Das fachspezifische Vorwissen ist einer der wichtigsten Prädiktoren für den Erfolg zu Studienbeginn und im Verlauf des Studiums (z. B. Rach & Heinze, 2017). Insbesondere im Physikstudium zeigt sich das mathematische und physikalische Vorwissen als prädiktiv für den Studienerfolg (z. B. Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016). Um das Vorwissen der Studierenden zu erheben und geeignete Unterstützungsangebote anbieten zu können, werden an einigen Hochschulen Studieneingangstests durchgeführt (z. B. Sorge, Petersen, Neumann, 2016). Die Konstruktion von Studieneingangstests wird hauptsächlich von Hochschullehrenden der Studieneingangsphase vorgenommen, da sie über eine hohe Expertise verfügen, Leistungsdispositionen zu definieren, die für einen erfolgreichen Studienstart relevant sind. Als fachliche Leistungsdispositionen definieren wir an dieser Stelle Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten (nach Schulz, 2010) und Kompetenzen (nach Weinert, 2002). Sie unterscheidet, inwieweit sich eine Person kognitiv mit der Aufgabe auseinandersetzen muss und wie die Aufgabe konstruiert ist.
Eingangstests für Physikstudierende fokussieren häufig auf die Mathematik, dabei oft vor allem Rechenfähigkeiten (vgl. Heinze, Neumann, Ufer, Rach, Borowski, Buschhüter, Greefrath, Halverscheid, Kürten, Pustelnik, & Sommerhoff, 2020; Buschhüter et al., 2016; Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Ammann, Lang, Fischer, 2018) und legen den Schwerpunkt auf mathematisch grundlegende Inhalte (Heinze et al., 2020).

Für die curriculare Validität der Eingangstests ist zu berücksichtigen, dass die Aufgaben meistens von Studierenden bearbeitet werden, die direkt nach der Schule ein Physikstudium aufnehmen und somit über die fachlichen Leistungsdispositionen verfügen, die in den aktuellen Bildungsstandards (KMK, 2012; KMK, 2020) abgebildet sind. Wie oben beschrieben werden die meisten Studieneingangstests aus Sicht der Hochschulen konstruiert, deswegen ist die curriculare Passung der Aufgaben grundsätzlich wichtig zu überprüfen, insbesondere vor dem Hintergrund der Neuerungen in den Bildungsstandards. Darüber hinaus stellten Heinze et al. (2020) fest, dass verschiedene Studieneingangstests nur einen kleinen Teil der verschiedenen Wissensniveaus, bzw. Komplexitäten abdecken und somit nur einen begrenzten Einblick in das Wissen der Studierenden in der Studieneingangsphase ermöglichen. Rach und Ufer (2020) zeigten, dass Aufgaben höherer Komplexität prädiktiver sind als solche, geringerer Komplexität. Ein breiteres Abdecken der Komplexitäten von Aufgaben in Studieneingangstests scheint daher sinnvoll. Für eine Beschreibung der Komplexität wird in Übereinstimmung mit dem zugrundeliegenden Modell der Kritik von Heinze et al. (2020) Komplexität definiert über die Komplexitätsstufen des KUM-Modells (Knowledge of Undergraduate Mathematics) nach Rach und Ufer (2020). Das Modell differenziert vier Stufen von Wissen, welche isomorph als Schwierigkeitsgrad zu definieren sind. Für die Konstruktion der Stufen, siehe ebd. Die vier Stufen (sog. „KUM-Stufen“) des Modells beziehen sich auf die fünf Inhaltsbereiche Analysis, Infinitesimalrechnung, Lineare Algebra, Analytische Geometrie und Logik. Die Voraussetzungen des Wissens für die vier Stufen sind aufsteigend charakterisiert als „vorhandenes Faktenwissen und

Routinefertigkeiten“ (z. B. Ableiten einer Polynomfunktion), „grundlegende, konzeptionelle Kenntnisse von mathematischen Konzepten, bei denen kein Darstellungswechsel erforderlich ist“ (z. B. das Finden von fünf irrationalen Zahlen aus den reellen Zahlen), „Flexibles konzeptuelles Wissen“ (z. B. Bestimmen einer Funktionsgleichung aus verschiedenen Eigenschaften eines Funktionsgraphen) und „Flexibles, konzeptuelles Wissen inklusive formaler Notation“ (z. B. Nutzung der Limes-Schreibweise) (Rach et al., 2021).
Im Gegensatz zu mathematischen Vorkenntnissen angehender Mathematikstudierender ist nur wenig erforscht, welche Leistungsdispositionen von Physik- oder auch Mathematikaufgaben adressiert werden müssen, um aus Sicht von Hochschuldozierenden relevant für den erfolgreichen Studienstart in Physik zu sein.
Welche Leistungsdispositionen seitens Physik-Hochschuldozierender sowohl im Bereich Mathematik als auch Physik von Physikstudienanfänger*innen erwartet werden, ist ein Forschungsdesiderat.

Die Diskrepanz zwischen dem Status Quo der Studieneingangstests einerseits und den Neuerungen der Bildungsstandards und Forderungen aus den Fächern andererseits, eröffnet zwei Forschungsfragen, die in diesem Beitrag beantwortet werden sollen:

- Inwieweit werden Mathematikaufgaben verschiedener Komplexität als wichtig für einen erfolgreichen Start ins Studium angesehen?
- Inwieweit werden Aufgaben unterschiedlicher fachlicher Leistungsdispositionen in der Physik als wichtig für einen erfolgreichen Start ins Studium angesehen?

Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden zuerst Mathematik- und Physikaufgaben aus verschiedenen etablierten und validierten Instrumenten entnommen (z. B. Beichner, 1994; Bao, Cai, Koenig, Fang, Han, Wang, Liu, Ding, Cui, Luo, Wand, Li & Wu, 2009). Aus diesen wurden in einem ersten Schritt N = 151/92 Mathematik-/ Physikaufgaben ausgewählt. Die umfangreiche Aufgabenauswahl wurde von N = 3 Rater*innen bezüglich der aktuellen curricularen Vorgaben (Bildungsstandards, KMK, 2012 & 2020) ausgewählt (hohe Übereinstimmung, $\kappa = .68/.64$) und die Mathematikaufgaben entsprechend des KUM-Modells eingeschätzt. Bei Unstimmigkeit wurde in einem Konsensverfahren entschieden. Der curricular valide Aufgabenpool umfasst somit insgesamt N = 68/61 Mathematik-/ Physikaufgaben.
In zwei Online-Umfragetools, an denen N = 84/22 Hochschuldozierende der Studieneingangsphase teilnahmen, wurden die Mathematik-/ Physikaufgaben zufällig sortiert und durch die Dozierenden bezüglich der Relevanz für einen erfolgreichen Start in ein Physikstudium auf einer sechsstufigen bipolaren Likert-Skala eingeschätzt. Die Likert-Skala wurde dann zur Auswertung dichotom umkodiert (Einschätzung >4 bedeutet Zustimmung eines Dozierenden zu einer Aufgabe).
Die überwiegende Mehrheit der Hochschuldozierenden zeigte eine hohe Expertise, da die meisten Dozierenden angaben, bereits mehr als drei Jahre zu lehren und mehr als dreimal im ersten Semester gelehrt zu haben.

Ergebnisse und kritische Einordnung

Allgemein zeigt sich für die Mathematikaufgaben, dass viele der curricular validen Aufgaben von den Dozierenden als relevant eingeschätzt werden. Von 50 % der Dozierenden werden circa 72 % der curricular validen Mathematikaufgaben relevant angesehen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Mathematikaufgaben für die Erfassung von Leistungsdispositionen in der Studieneingangsphase sehr gut geeignet sind.

Die Physikaufgaben werden im Gegensatz dazu als weniger relevant für den erfolgreichen Start in ein Physikstudium angesehen, nur 26 % von 50 % der Dozierenden. Dies zeigt aus Sicht der Dozierenden eine geringe Notwendigkeit physikalischen Vorwissens.

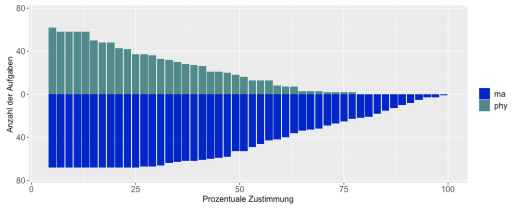


Abb. 1 Gegenüberstellung der Aufgabenanzahl von Mathematik- und Physikaufgaben bezüglich der prozentualen Zustimmung der Hochschuldozierenden

In der folgenden, nach den Komplexitätsstufen differenzierten, prozentualen Darstellung zeigen sich Unterschiede in der Relevanz der Mathematikaufgaben aus Sicht der Hochschuldozierenden. Diese Ergebnisse dienen der Beantwortung der ersten Forschungsfrage.

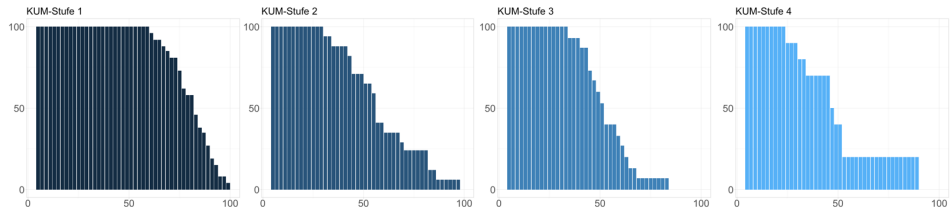


Abb. 2. Darstellung des prozentualen Anteils der Aufgaben in Abhängigkeit der prozentualen Zustimmung der Hochschuldozierenden für die vier Komplexitätsstufen

Mathematikaufgaben aller KUM-Stufen werden als relevant angesehen, jedoch tendenziell mehr Aufgaben der KUM-Stufe 1. 83 % der Dozierenden geben an, dass mindestens eine Aufgabe aller KUM-Stufen relevant ist. Die als am relevantesten eingeschätzten Physikaufgaben sind vor allem kompetenzorientierte Aufgaben und adressieren zum Beispiel Scientific Reasoning (z. B. Auswahl der Experimentieranordnung zur Untersuchung der Vermutung der Masseabhängigkeit eines Fadenpendels) und Diagrammkompetenz (z. B. Auswahl eines Diagramms zur Beschreibung einer Bewegungsform). Die weniger relevanten Physikaufgaben adressieren (Fakten-)Wissen, bzw. Routinen im Rechnen. 75 % der N = 20 relevantesten Physikaufgaben sind kompetenzorientierte Physikaufgaben.

Bisher eingesetzte Tests für Physikstudierende sollten vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse betrachtet und ggf. angepasst werden.

Literatur

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, L. & Wu, N. (2009). Learning and Scientific Reasoning. Science 323 (5914), 586.

Beichner, R. (1994) Testing student interpretation of kinematics graphs. Americal Journal of Physics. 62 (8), 750

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 61–75. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0041-4

Heinze, A., Neumann, I., Ufer, S., Rach, S., Borowski, A., Buschhüter, D., Greefrath, G., Halverscheid, S., Kürten, R., Pustelnik, K. & Sommerhoff, D. (2020). Mathematische Kenntnisse in der Studieneingangsphase – Was messen unsere Tests? In A. Frank, S. Krauss & K. Binder (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019: Bd. 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik.* (Vol. 1 Münster Aufl., S. 345–348). Beltz Verlag.

KMK (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.

KMK (2020). *Bildungsstandards für das Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.

Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M., and Fischer, H. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24:183–199.

Rach, S. & Heinze, A. (2017). The Transition from School to University in Mathematics: Which Influence Do School-Related Variables Have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(7), 1343–1363. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9744-8

Rach, S., Sommerhoff, D. & Ufer, S. (2021). KUM/MOAS: Technical Report - Knowledge for University Mathematics (KUM) and Mathematics Online Assessment System (MOAS). *Munich Center of the Learning Sciences: MCLS Reports, Nr. 1*.

Rach, S. & Ufer, S. (2020). Welches Wissen brauchen Mathematikstudierende für einen erfolgreichen Studieneinstieg? Eine Reanalyse von Daten aus mehreren Studieneingangsbefragungen.

Schulz, A. (2010). Ergebnisorientierung als Chance für den Mathematikunterricht. Beiträge zum Mathematikunterricht.

Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–16.

Weinert, F. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. *Leistungsmessungen in Schulen, 17-32 (2001)*.

Anna Haab
Jan-Philipp Burde
Stefan Schwarzer

Universität Tübingen

Authentische Einblicke in Studium & Forschung mit MINT-Studienbotschafter/innen

Bei der Bewältigung aktueller und zukünftiger gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen, wie beispielsweise der Begegnung des Klimawandels, der Digitalisierung oder dem demografischen Wandel, spielen Berufe im MINT-Bereich eine wichtige Rolle (Köller, 2023). Der Bedarf an hochqualifizierten MINT-Hochschulabsolventen seitens Industrie und Forschung ist hoch. MINT-Berufe bieten darüber hinaus vielversprechende Karrierechancen in zukunftsorientierten Berufsfeldern (Ostermann, Freudenberg & Driesel-Lange, 2017), was für viele junge Menschen bei ihrer Berufswahl entscheidend ist (Elster, 2007b).
Dennoch zeigt sich ein Rückgang bei der Wahl naturwissenschaftlicher Leistungskurse in der gymnasialen Oberstufe (Elster, 2009), und immer weniger Jugendliche ziehen ein Studium, eine Ausbildung oder eine Karriere im MINT-Bereich in Betracht (MINT vernetzt, 2022). Um dem Fachkräftemangel zu begegnen, sind Maßnahmen entlang der gesamten Bildungskette erforderlich, wobei die Förderung der MINT-Bildung in der Schule von zentraler Bedeutung ist.

Forschungsstand

Internationale Vergleichsstudien wie die ROSE-Erhebung haben gezeigt, dass Schüler/innen dem naturwissenschaftlichen Unterricht eine hohe Bedeutung beimessen (Elster, 2007b). Dennoch nimmt die Motivation und das Interesse von Schüler/innen an diesen Fächern im Verlauf der Schulzeit häufig in besonderem Maße ab (Elster, 2007b; Holstermann & Bögeholz, 2007). Der Rückgang des Interesses hängt teilweise auch mit der häufig einseitigen Wahrnehmung der Fächer zusammen. Speziell im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich gibt es traditionelle stereotype Vorstellungen über die Tätigkeitsfelder und die persönlichen Merkmale von Studierenden und Wissenschaftler/innen (Hannover & Kessels, 2004). Ein Ansatz, um diesen Schüler/innen-Vorstellungen zu begegnen, stellt die Förderung von authentischen Einblicken in die Tätigkeitsfelder von MINT-Studierenden und -Wissenschaftler/innen sowie die Untersuchung vorherrschender Stereotypen in Bezug auf diese Personen dar (Hagenkötter, Nachtigall, Rolka & Rummel, 2021).

Das RIASEC+N-Modell

Um eine systematische Zuordnung der Tätigkeiten von MINT-Studierenden und MINT-Wissenschaftler/innen vornehmen zu können, eignet sich das RIASEC+N-Modell (Stamer, 2019). Dieses wurde ursprünglich von Holland (1997) als RIASEC-Modell zur Berufswahldiagnostik entwickelt. Im RIASEC-Modell werden persönliche Einstellungen, Fähigkeiten, Werte und Interessen in sechs verschiedene Persönlichkeitstypen kategorisiert (Holland, 1997). Damit die Interessensstrukturen für die Charakterisierung von schulischen und außerschulischen naturwissenschaftlichen Aktivitäten von Schüler/innen genutzt werden können, adaptierten Dierks et al. das Modell und integrierten die zusätzliche Dimension N, Networking

(Dierks, Höffler & Parchmann, 2014). Das resultierende RIASEC+N-Modell ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abb. 1: RIASEC+N-Modell angepasst nach (Blankenburg & Scheersoi, 2018)

In Studien konnte gezeigt werden, dass Schüler/innen die Tätigkeitsfelder differenziert wahrnehmen. Beispielsweise tendieren sie dazu, die kreativen (Artistic), kommunikativen (Networking) und sozialen (Social) Aspekte in typischen wissenschaftlichen Arbeitsbereichen als weniger relevant einzuschätzen, während sie eher stereotype Vorstellungen aus den Bereichen Realistic, Investigative und Conventional vertreten (Hannover & Kessels, 2004; Stamer, Kubsch, Schwarzer & Parchmann, 2019; Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015).

Es ist zu erwarten, dass diese stereotypen Vorstellungen nicht im Einklang mit grundlegenden Werten wie Kreativität, Teamarbeit, Selbstverwirklichung und Identitätsentwicklung bei Heranwachsenden stehen (Elster, 2007a; Henriksen, Dillon & Pellegrini, 2015). Infolgedessen kann die wahrgenommene Diskrepanz zwischen eigenen Wünschen und Vorstellungen einerseits und den stereotypen Ansichten über MINT-Fächer andererseits zu einer geringeren Identifikation mit diesen und somit zu einem nachlassenden Interesse führen (Kessels, Rau & Hannover, 2006). Diese Erkenntnisse sind von grundlegender Bedeutung, da sie als Grundlage für Maßnahmen dienen können, um ein authentisches Bild der MINT-Fächer zu fördern (Stamer et al., 2019).

Zielsetzung des Projekts

Die Entscheidung über den zukünftigen Studiengang und Berufsweg ist eine der wichtigsten Lebensentscheidungen für Jugendliche (Brämer, Vieback & Hirsch, 2012). Die Fach- und Profilwahl in der Schule bildet dabei schon in Klasse 10 die Grundlage für oder gegen eine spätere Studienfachwahl und Berufstätigkeit im MINT-Bereich. Schulische Leistungskurse am Gymnasium setzen bereits wichtige fachliche Schwerpunkte, die im Idealfall mit der späteren Studienentscheidung und den im Studium vorgefundenen Inhalten korrespondieren. Um Schüler/innen frühzeitig über die Chancen und Möglichkeiten eines Studiums im MINT-Bereich zu informieren und bestehende Vorurteile abzubauen, schafft das Projekt MINT-Studienbotschafter/innen[1] aktiv Berührungspunkte zwischen Schule und Universität und gibt authentische Einblicke in den Studien- sowie Forschungsalltag im MINT-Bereich.

Engagierte junge MINT-Fachstudierende in verschiedenen Phasen ihres Studiums besuchen seit 2014 Gymnasien in der weiteren Umgebung der Universität Tübingen. Die Intervention richtet sich gezielt an die 9. Klasse, um noch vor der Wahl der Leistungskurse in Klasse 10 positive Impulse zu setzen. Sie vermitteln ihre persönliche Begeisterung für ihr MINT-Fach in kurzen Impuls-Vorträgen und bilden darin auf anschauliche Art und Weise eine Vielfalt an

[1] https://uni-tuebingen.de/de/116973

Studienmotivationen und -fächern ab. Sie treten vor den Jugendlichen nicht nur als Expert /innen für ihr Studienfach, sondern vor allem als authentische Ansprechpartner/innen auf.
Das Herausstellungsmerkmal der MINT-Studienbotschafter/innen sind authentische Hands-on-Aktivitäten. Bei diesen haben Schüler/innen die Gelegenheit – ganz nach dem Motto "Meet, Ask & Do MINT" – durch kleine Versuche einen eigenen Zugang zu fachtypischen Problemstellungen zu finden, während sie typische Denk- und Arbeitsweisen von MINT-Studiengängen kennenlernen. Dabei stellen sie sich binnendifferenzierten Herausforderungen und werden auf der Ebene des Erlebens aktiv in die Auseinandersetzung mit ihren eigenen Vorstellungen über MINT-Fächer gebracht. Seit dem Start des Projekts wurde bereits eine Gesamtzahl von mehr als 5.770 Schüler/innen erreicht.

Studiendesign
Das Forschungsprojekt fokussiert im Schwerpunkt auf die empirische Begleitforschung zur Intervention der MINT-Studienbotschafter/innen. Wichtige Herausstellungsmerkmale des Projekts werden beforscht, um deren Effekte zu untersuchen und es auf Grundlage der Ergebnisse weiterzuentwickeln und weiter zu professionalisieren. Die Erhebung der Daten erfolgt in zwei aufeinanderfolgenden Studien.
Studie 1 geht der Forschungsfrage nach, inwiefern am Lernort Schule durch die MINT-Studienbotschafter/innen ein authentisches Bild vom MINT-Studium und von Wissenschaft im MINT-Bereich gefördert bzw. erweitert werden kann. Hierzu wird auf ein Prä-Post-Follow-up-Test-Design zurückgegriffen. Im Prätest bearbeiten alle Schüler/innen der 9. Klasse vor dem Besuch der MINT-Studienbotschafter/innen zunächst einen Fragebogen, der ihre bisherige Berufsorientierung und ihre Einstellung zu MINT-Themen erfasst. Außerdem geben sie eine Selbsteinschätzung mithilfe von Attributen ab, die sich an der Skala von Hannover und Kessels (2004) orientieren und beurteilen MINT-Studierende sowie MINT-Wissenschaftler/innen mithilfe dieser Skala. Darüber hinaus bewerten sie typische Tätigkeiten von MINT-Studierenden und MINT-Wissenschaftler/innen im Sinne des RIASEC+N-Modells. Eine Auswahl der im Prätest erhobenen Konstrukte wird direkt im Anschluss an den Schulbesuch der MINT-Studienbotschafter/innen im Posttest erhoben. Um auch Langzeiteffekte messen zu können, wird 2-3 Monate nach der Kurzzeitintervention durch die MINT-Studienbotschafter/innen eine Follow-Up-Studie an den Schulen durchgeführt, wobei die gleichen Konstrukte wie im Posttest erhoben werden.

Stand der Studie und Ausblick
Stand Oktober 2023 wurden etwa 350 Schüler/innen der Klassenstufe 9 sowie vereinzelt der Klassenstufe 10 in Prä, Post und teilweise auch im Follow-Up für Studie 1 befragt. Auf Grundlage der erhobenen Daten und ihrer Analyse ist geplant, das Projekt weiterzuentwickeln, indem digitale Medien in die Intervention integriert werden (Studie 2). Hiervon wird sich versprochen, den Schüler/innen einen noch detaillierteren Einblick in die Tätigkeitsfelder und Persönlichkeitsmerkmale geben zu können.

Dank
Wir danken der Gips-Schüle-Stiftung und dem Rektorat der Universität Tübingen für die Finanzierung des Projekts.

Literatur

Brämer, S., Vieback, L. & Hirsch, S. (2012). Berufs- und Studienorientierung als Instrument der Fachkräftesicherung. Orientierungsaktivitäten an allgemein- und berufsbildenden Schulen für technische Berufsausbildungen und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge. In K. Friedrich & P. Pasternack (Hrsg.), *Demographischer Wandel als Querschnittsaufgabe. Fallstudien der Expertenplattform "Demographischer Wandel" beim Wissenschaftszentrum Sachsen-Anhalt* (S. 253–269). Halle-Wittenberg.

Dierks, P. O., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2014). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. *Research in Science & Technological Education*, *32*(2), 97–114. https://doi.org/10.1080/02635143.2014.895712

Elster, D. (2007a). Interessante und weniger interessante Kontexte für das Lernen von Naturwissenschaften. Erste Ergebnisse der deutschen ROSE-Erhebung. *MNU Journal*, *60*(4), 243–249.

Elster, D. (2007b). Student interests — the German and Austrian ROSE survey. *Journal of Biological Education*, *42*(1), 5–10. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656100

Elster, D. (2009). Naturwissenschaftlicher Unterricht und Beruf. Die Einstellungen Jugendlicher. *MNU Journal*, *62*(1), 4–10.

Hagenkötter, R., Nachtigall, V., Rolka, K. & Rummel, N. (2021). „Meistens sind Forscher älter, meist tragen die eine Brille“ – Schülervorstellungen über Wissenschaftler*innen. *Unterrichtswissenschaft*, *49*(4), 603–626. https://doi.org/10.1007/s42010-021-00110-1

Hannover, B. & Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why high school students do not like math and science. *Learning and Instruction*, *14*(1), 51–67. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2003.10.002

Henriksen, E. K., Dillon, J. & Pellegrini, G. (2015). Improving Participation in Science and Technology Higher Education: Ways Forward. In E. K. Henriksen, J. Dillon & J. Ryder (Hrsg.), *Understanding Student Participation and Choice in Science and Technology Education* (S. 367–377). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7793-4_22

Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3. Aufl.). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *13*, 71–86.

Kessels, U., Rau, M. & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *The British Journal of Educational Psychology*, *76*(Pt 4), 761–780. https://doi.org/10.1348/000709905X59961

Köller, O. (2023). *MINT-Nachwuchsbarometer 2023* (acatech & Joachim Herz Stiftung, Hrsg.).

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (MINT vernetzt, Hrsg.). (2022). *MINT-DataLab*. Verfügbar unter: https://mint-vernetzt.shinyapps.io/datalab/

Ostermann, A., Freudenberg, A. & Driesel-Lange, K. (2017). Möglichkeiten der Förderung berufswahlkompetenter Studienwahlentscheidungen in MINT-Fächern. In T. Brüggemann, K. Driesel-Lange & C. Weyer (Hrsg.), *Instrumente zur Berufsorientierung. Pädagogische Praxis im wissenschaftlichen Diskurs* (S. 167–186). Münster: Waxmann.

Stamer, I. (2019). *Authentische Vermittlung von Naturwissenschaften im Schülerlabor. Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften durch Einblicke in die Forschung des Sonderforschungsbereichs (SFB) 677 mittels Videos*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Stamer, I., Kubsch, M., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2019). Scientists, their work, and how others perceive them: self-perceptions of scientists and students' stereotypes. *RISTAL*, *2*(1), 85–101. https://doi.org/10.23770/rt1826

Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 207–222. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0035-7

Hendrik Fleischer[1]
Sascha Schanze[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

NaWi fit?
Eine Studienorientierung zu Mathematik-Fertigkeiten

Einleitung

Die Orientierung vor Antritt des Studiums sowie der Studienerfolg werden vom Land Niedersachsen als eine wichtige aktuelle Landesaufgabe bezeichnet (MK & MWK, 2019). Die Studienabbruchsentscheidung in den mathematisch geprägten naturwissenschaftlichen Studiengängen (NaWi-Studiengängen) hat über die letzten Jahre zugenommen, was insbesondere auf die Aspekte Motivation, Leistung, Finanzen oder auf die Unzufriedenheit der didaktischen Vermittlung sowie mangelnde realistische Information bei der Studienwahl zurückzuführen ist (Heublein et al., 2017 & Hoppenbrock et al., 2016). Aus letzterem resultieren falsche Erwartungen gegenüber dem Studiengang, die sowohl auf den vermittelnden Inhalten als auch auf den Bedingungen und Anforderungen seitens der Hochschule fußen. Die Entscheidung zum Studienabbruch in den NaWi-Studiengängen erfolgt insbesondere in der Studieneingangsphase und ist verheerend für den zukünftigen Bedarf an Fachkräften (Heublein et al., 2017) und insbesondere dramatisch in Bezug auf die Lehrkräfteausbildung in Anbetracht des aktuell bestehenden Lehrkräftemangels in allen Bundesländern. Aus der geschilderten Problematik der zunehmenden Studienabbruchsentscheidung ergibt sich seitens der Hochschulen ein notwendiger Handlungsbedarf. Eine Möglichkeit angehende Studierende zu unterstützen, stellt das im Folgenden vorgestellte Projekt *NaWi fit?* dar, welches als Angebot für Studienanfänger*innen den Übergang von der Schule in die Universität im Hinblick auf fachspezifische mathematische Fertigkeiten fokussiert (Weber, 2022 & Weber et. al., 2022).

Zielsetzung

Das Projekt *NaWi fit?* hat zum Ziel angehende Studierende über ein zusätzliches adäquates Informationsangebot insbesondere bereits vor der Bewerbung über unterschiedliche naturwissenschaftliche Studiengänge sowie mathematische Mindestanforderungen zu informieren. Dazu wird eine Testumgebung zur Überprüfung der mathematischen Fertigkeiten angeboten. Erreichen die Studierenden die als notwendig identifizierte Mindestanforderung noch nicht im vollen Umfang, werden Handlungsempfehlungen zur Unterstützung angeboten.

Beschreibung des Angebots *NaWi fit?*

Die noch im Aufbau befindliche Webseite stellt wesentliche Informationen über die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Studiengänge sowie Bewerbungsstart, Orientierungswoche und den Integrierten Vorkursen zur Verfügung und verweist durch Verlinkungen auf weitere spezifischere Informationen zu den jeweiligen naturwissenschaftlichen Studiengängen. Neben den bereitgestellten Informationen wird die Webseite durch kommentierte studiengangsspezifische Aufgaben in einem mathematischen Anwendungskontext erweitert. Dabei wird die Wichtigkeit der mathematischen Fertigkeiten in den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Studiengängen fokussiert. Dazu werden prototypi-

sche Aufgaben ausgewählt, welche eine Gemeinsamkeit über alle Studiengänge aufweisen. So werden alle Studierenden in Laborpraktika Konzentrationsbestimmungen vornehmen, bei welchen der Umgang von Potenzen oder die Angabe sinnhafter signifikanter Stellen nach Rechnung mit Dezimalzahlen erwartet werden. Die sich daraus bedingenden mathematischen Fertigkeiten, unter anderem Grundrechenregeln, Äquivalenzumformungen sowie Wurzel- und Potenzgesetze, adäquat anzuwenden, werden anhand prototypischer Aufgaben vorgestellt. Durch die Verteilung von Flyern in Schulen und auf Studienmessen wird auf die Informative Webseite aufmerksam gemacht.

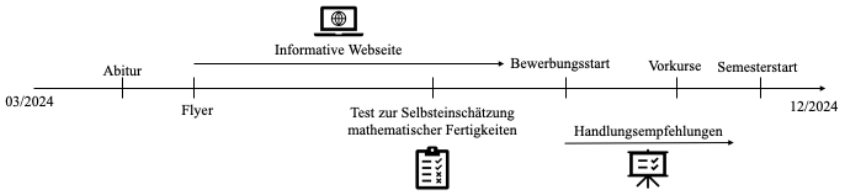


Abb. 1: Das Angebot NaWi fit? in zeitlicher Reihenfolge für das Jahr 2024.

Test zur Selbsteinschätzung und Handlungsempfehlungen

Zur Einschätzung der mathematischen Fertigkeiten verlinkt die Webseite auf eine digitale Testumgebung (basierend auf dem Lernmanagementsystem ILIAS), zu welcher die angehenden Studierenden über eine Selbstregistrierung Zugang erhalten. Der Test beinhaltet mathematische Aufgaben in unterschiedlichen Aufgabenformaten (Single Choice, Multiple Choice, numerische Antworten, etc.) und Kontexten. Für Aufgaben, die von den Studierenden paper-pencil gelöst werden sollen, wird eine spezielle Feedbackstruktur eingepflegt. Sie ermöglicht nach inadäquaten Lösungseingaben mögliche Fehlerquellen im Problemlöseprozess kenntlich zu machen. Hierfür werden derzeit zu Aufgaben aus dem Stöchiometrie-Bereich fehlerhafte Lösungen strukturiert analysiert. Nach Bearbeitung der Testumgebung erhalten die angehenden Studierenden eine Übersicht über die Anzahl korrekter oder inkorrekter Angaben. Erreichen sie die notwendigen mathematischen Mindestanforderungen noch nicht im vollen Umfang, besteht die Möglichkeit durch Eigeninitiative ein in der Testumgebung eingebettetes Lernmodul zu bearbeiten und vorhandene Wissenslücken zu schließen. Darüber hinaus wird als zusätzliche Option der Vorbereitung auf die Teilnahme an den Integrierten Vorkursen der naturwissenschaftlichen Fakultät aufmerksam gemacht, bei welchen unter anderem mathematischen Fertigkeiten aufgearbeitet werden.

Bestimmung der mathematischen Mindestanforderung

Es besteht keine einheitliche Meinung über die geforderte Mindestanforderung zum Start in ein naturwissenschaftliches Studium, was vor allem durch inhaltliche Unterschiede in den Hochschulen sowie der eingeschränkten Kommunikation zwischen den Institutionen Hochschule und Schule zu begründen ist (Weber et. al., 2022). Unabhängig vom Studiengang kann dennoch davon ausgegangen werden, dass sich die mathematische Fertigkeit auf einen Kern von Fertigkeiten zurückführen lassen (Neumann et. al., 2022). Zur Bestimmung der mathematischen Mindestanforderung dient im Projekt *NaWi fit?* das vom MK und MWK des Landes Niedersachsens 2019 veröffentlichte MINT-Basispapier, welches

Mathematikaufgaben unterschiedlicher Teilgebiete vorstellt und in Bezug auf die Thematisierung in der Schule sowie die Notwendigkeit für die Hochschule differenziert. Aus diesen wird eine begründete Auswahl an Aufgaben Dozierenden in Experteninterviews für die Einstufung der Relevanz für das entsprechende Studienfach vorgestellt. Um auch hier möglichst alle naturwissenschaftlichen Studiengänge abzudecken, werden primär Dozierende aus Vorlesungen zur Experimentalphysik, zu fachspezifischen Grundlagen in Mathematik sowie zur Allgemeinen Chemie befragt. Ausgehend von den prototypischen Aufgaben aus dem MINT-Basispapier und den damit bestimmten Mindestanforderungen wird in einem nächsten Schritt ein Aufgabenpool für die Testumgebung erstellt.

Sicherstellung der mathematischen Mindestanforderung

Zur Qualitätssicherung wird die Testumgebung von angehenden Studierenden sowie von Studierenden des ersten, des dritten und ggf. des fünften Semesters getestet. Die Testergebnisse werden in Bezug auf die geforderten Standards reflektiert und eine Aussage darüber getroffen, inwiefern die Studierenden den Mindestanforderungen seitens der Hochschule gerecht werden und Unterschiede in Abhängigkeit der Anzahl studierter Hochschulsemester vorliegen. Außerdem werden Fragen der Usability (z. B. Übersichtlichkeit der Webseite und Testumgebung sowie Umgang mit den Testaufgaben) von Studienanfänger*innen beantwortet, welche einen naturwissenschaftlichen Leistungskurs in der Schule besucht haben.

Literatur

Hoppenbrock, A., Biehler, R., Hochmuth, R., & Rück, H. G. (2016). Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Forum Hochschule, 1/2017. Hannover: DZHW. Zugegriffen: 16. Aug. 2023.

Neumann, I., Heinze, A., Pigge, C. (2022). Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium. hansadruck und verlag gmbh + co. Kg, Kiel.

Weber, B.-J. (2022): Der Übergang von der Schule zur Hochschule: Ansätze zur Minderung von Diskontinuitätserfahrungen in der Studieneingangsphase mathematischer Studiengänge. Online unter: https://macau.uni-kiel.de/receive/macau_mods_00003284. Zugegriffen: 16. Aug. 2023.

Weber, B.-J., Schumacher, M., Rolfes, T., Neumann, I., Abshagen, M., Heinze, A., (2022). Mathematische Mindestanforderungen für ein MINT-Studium: Was können Hochschulen fordern, was sollten Schulen leisten? Math Didakt (2022). https://doi.org/10.1007/s13138-022-00211-z

MK & MWK – Niedersächsisches Kultusministerium & Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur (2019). MINT in Niedesachsen. Mathematik für einen erfolgreichen Studienstart. Basispapier Mathematik. Ergebnis des institutionalisierten Gesprächskreises Mathematik Schule Hochschule IGeMa. https://www.mint-in-niedersachsen.de/assets/MINT/Dokumente/IGeMa_Basispapier_Mathematik_MK_MWK_190401.pdf. Zugegriffen: 16. Aug. 2023.

Sevan Khagy
Oliver Tepner

Universität Regensburg

Einsatz von Lernvideos zur Unterstützung im Chemiestudium

Theoretischer Hintergrund

Der Einsatz von Lernvideos an der Hochschule bietet Studierenden die Chance, Unterstützung im Prozess des selbstgesteuerten Lernens zu erhalten (Biehler et al., 2020). Zudem können Lernvideos einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg der Rezipienten erwirken (Biehler et al., 2020).

Erklärvideos, welche eine Subkategorie von Lehr-Lernvideos darstellen, werden als eigenständig produzierte Filme definiert (Wolf, 2015). Diese Videos enthalten instruktionale Erklärungen zu Funktionsweisen oder abstrakten Konzepte, die veranschaulicht dargestellt werden (Kulgemeyer, 2019; Wolf, 2015). Das Ziel der Erklärvideos ist es, deklaratives Wissen verständlich zu vermitteln (Kulgemeyer, 2018a). Im Vergleich zu den Lernenden mit hohem Vorwissen profitieren von instruktionalen Erklärvideos vorwiegend solche mit geringem Vorwissen (Acuña, Rodicio & Sánchez, 2011; Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Kulgemeyer, 2018b).

Alternativ zum Einsatz von instruktionalen Erklärvideos besteht die Möglichkeit, Video-Modeling-Examples in den Lernprozess von Novizen zu integrieren. Diese Art des Lernvideos zählt zur Methode des beispielbasierten Lernens, da den Lernenden das Lösen von Lernaufgaben exemplarisch modelliert wird (Kaiser & Mayer, 2019). Den Rezipienten wird dabei vorwiegend prozedurales Wissen vermittelt, indem das Lösen einer Problemstellung schrittweise aufgezeigt wird (Kaiser & Mayer, 2019; van Harsel, Hoogerheide, Janssen, Verkoeijen & van Gog, 2022).

Die Förderung der Lernprozesse von Studierenden kann ihren Lernerfolg positiv beeinflussen. Eine wesentliche Maßnahme zur Unterstützung von Lernprozessen besteht darin, kognitive Vorgänge bei den Lernenden zu aktivieren. Dies kann über die eigenständige Erstellung von Erklärungen erreicht werden (Lachner, Ly & Nückles, 2018; Roscoe & Chi, 2008). Auch die die Einbettung fremderstellter Lernvideos im Lernprozess kann Erklärprozesse anstoßen (Kulgemeyer, 2018a). Um Studierenden zu helfen, ihre Erklärprozesse nachfolgend zu fördern, eignet sich das Selbsterstellen einer schriftlichen Erklärung (Roscoe & Chi, 2008) im Anschluss an das Lernvideo. Die schriftliche Erklärung der Lernenden dient dazu, ihre Erklärkompetenz zu erfassen, um zusätzliche Hinweise auf ihr Verständnis und den damit verbundenen Lernfortschritt zu erhalten.

Ziele und Forschungsfragen

Ableitend aus dem theoretischen Hintergrund lassen sich die folgenden Ziele formulieren, welche in dieser Studie fokussiert werden. Um das Fachwissen und die Erklärkompetenz der Erstsemesterstudierenden im Fach Chemie zu stärken, wird im Rahmen der Studie ein Seminarkonzept entwickelt, welches den Einsatz von Erklärvideos und Video-Modeling-Examples beinhaltet. Das Seminar findet parallel zu den Vorlesungen aus dem Modul Allgemeine Chemie im ersten Semester an der Universität Regensburg statt und begrenzt sich auf die Inhalte der Vorlesungen Analytische und Anorganische Chemie. Zugleich wird im

Rahmen des entwickelten Seminars die Wirksamkeit im Einsatz von Erklärvideos und Video-Modeling-Examples untersucht und verglichen.
Folgende Forschungsfragen leiten sich von diesen Zielen ab:
- F1: Welchen Einfluss hat der Einsatz von Lernvideos in der Übungsphase zu den Vorlesungen Analytische und Anorganische Chemie auf den Lernzuwachs der Studierenden?
- F2: Wie wirksam ist der Einsatz von Erklärvideos hinsichtlich des Lernzuwachses im Vergleich zum Einsatz von Video-Modeling-Examples?
- F3: Wie wirksam ist das Erstellen von schriftlichen Erklärungen in Anschluss an ein Erklärvideo hinsichtlich der Erklärkompetenz im Vergleich zum Erstellen von schriftlichen Erklärungen in Anschluss an ein Video-Modeling-Example?

Studiendesign und Methoden
Das entwickelte Seminarkonzept im Rahmen der Studie basiert auf zwei unterschiedlichen Treatmentgruppen, welche sich in der Art der eingesetzten Lernvideos unterscheiden. Beide Treatmentgruppen erhalten vor Beginn der Intervention eine Einführung, in der sowohl Lernstrategien zum Umgang mit Lernvideos als auch Kriterien zum Erstellen von schriftlichen Erklärungen thematisiert werden. Anschließend startet die erste von drei Selbstlernphasen der Studierenden. Dazu erhalten die Studierenden aus der Treatmentgruppe 1 ein Video-Modeling-Example, während den Studierenden aus der Treatmentgruppe 2 ein Erklärvideo zur Verfügung gestellt wird. Das inhaltliche Thema der beiden Videos ist dabei identisch. Im Anschluss danach erstellen alle Studierende beider Gruppen eine schriftliche Erklärung, um ihren Erklärprozess zu aktivieren. Hierfür erhalten sie Aufgaben, die sie im Rahmen ihrer schriftlichen Erklärung bearbeiten müssen. Abschließend werden den Studierenden Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt, welche sie selbstständig bearbeiten können. Diese Aufgaben sind entsprechend zu den Übungsaufgaben gestaltet, welche die Kontrollgruppe im Zuge ihres Seminars erhält. Die Kontrollgruppe bearbeitet dieselben Themen wie die Treatmentgruppen, jedoch ohne den Input durch Lernvideos. Nachdem die Studierenden aus den Treatmentgruppen die Übungsaufgaben bearbeitet haben, wiederholt sich ihre Selbstlernphase zwei weitere Male. Jede Lerneinheit befasst sich mit jeweils einem Thema aus dem Bereich der Analytischen oder Anorganischen Chemie. Konkret sind dies „VSEPR-Theorie“, „Säure-Base-Chemie“ und „Redoxchemie“. Das Treatment verläuft parallel zu den Vorlesungen der Analytischen und Anorganischen Chemie.
Um den Lernzuwachs der Studierenden zu erfassen, wird ein Fachwissenstest im Prä-/Post-/Follow-Up-Design in allen Gruppen eingesetzt. Der Wissenstest beinhaltet dabei Aufgaben zu den drei Themenbereichen der Selbstlernphasen. Zu jedem Themengebiet wurden Fragen im offenen Fragenformat sowie im Multiple-Choice-Single-Select-Format konzipiert. Zur Erfassung der Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen und dem situationalen Interesse der Studierenden werden in allen Gruppen Fragebögen zu diesen Konstrukten eingesetzt. Um ergänzend die Erklärkompetenz der Studierenden aus den beiden Treatmentgruppen zu messen und zu vergleichen, wird ein Kodiermanual entwickelt. Dieses wird zur Bewertung der schriftlichen Erklärungen eingesetzt.

Erste Ergebnisse der Hauptstudie
Im Wintersemester 2022/23 wurde an der Universität Regensburg die Hauptstudie erstmalig durchgeführt. Dabei wurde u. a. der Fachwissenstest bei Studierenden im Modul Allgemeine Chemie eingesetzt. Die Reliabilitätsanalyse bei einer Stichprobengröße von $N_{post} = 94$ weist

jeweils für die Themenbereiche VSEPR-Theorie (α = .74), Säure-Base-Chemie (α = .73) und Redoxchemie (α = .78) gute Reliabilität auf.
Zur Erfassung der Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den Gruppen wurde ein Linear-Mixed-Regression-Model nach Hilbert, Stadler, Lindl, Naumann und Bühner (2019) verwendet. Dabei dient in der Auswertung die Kontrollgruppe als Referenzgruppe. Diese weist einen signifikanten Lernzuwachs (siehe Abb. 1) zwischen dem Prä-/ und Post-Test auf (N_{KG} = 117, β = 7.63, p < .001, R^2c = .83). Es sind weder signifikante Unterschiede im Vorwissen zwischen der Kontrollgruppe und Treatmentgruppe 1 (N_{TG1} = 13, β = -0.83, p = .363) noch zwischen der Kontrollgruppe und der Treatmentgruppe 2 (N_{TG2} = 10, β = 1.74, p = .105) festzustellen. Des Weiteren weicht der Lernzuwachs in der Treatmentgruppe 1 nicht signifikant vom Lernzuwachs der Kontrollgruppe ab (β = 0.03, p = .973). Das gleiche Ergebnis findet sich bei der Treatmentgruppe 2 (β = 0.81, p = .425).

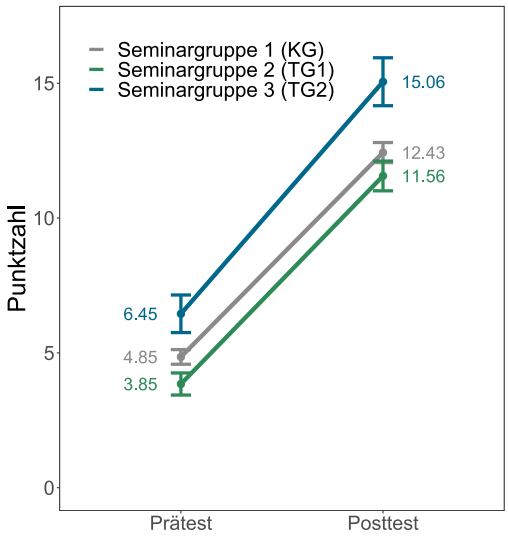


Abb. 1: Mittelwerte und Standardfehler Fachwissenstest Prä- und Post

Ausblick

Eine erneute Durchführung der Studie zur finalen Datenerhebung findet im Wintersemester 2023/24 statt. Weiterhin wird die Konzeption des Kodiermanuals zur Bewertung der schriftlichen Erklärungen fertiggestellt, um nachfolgend die Erklärkompetenz der Studierenden zu erfassen.

Literatur

Acuña, S. R., Rodicio, H. G. & Sánchez, E. (2011). Fostering active processing of instructional explanations of learners with high and low prior knowledge. *European Journal of Psychology of Education*, *26*(4), 435–452.

Biehler, R., Liebendörfer, M., Schmitz, A., Fleischmann, Y., Krämer, S., Ostsieker, L. et al. (2020). studiVEMINTvideos - Mathematische Lernvideos zur Studienvorbereitung und Unterstützung im ersten Studienjahr. In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020. 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* (S. 125–128). WTM-Verlag.

Hilbert, S., Stadler, M., Lindl, A., Naumann, F. & Bühner, M. (2019). Analyzing longitudinal intervention studies with linear mixed models. *TPM - Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, (26), 101–119.

Kaiser, I. & Mayer, J. (2019). The Long-Term Benefit of Video Modeling Examples for Guided Inquiry. *Frontiers in Education*, *4*(104), 1–18.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75–86.

Kulgemeyer, C. (2018a). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, *50*(6), 2441–2462.

Kulgemeyer, C. (2018b). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, *54*(2), 109–139.

Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 285–288).

Lachner, A., Ly, K.-T. & Nückles, M. (2018). Providing Written or Oral Explanations? Differential Effects of the Modality of Explaining on Students' Conceptual Learning and Transfer. *The Journal of Experimental Education*, *86*(3), 344–361.

Roscoe, R. D. & Chi, M. T. H. (2008). Tutor learning: the role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, *36*(4), 321–350.

Van Harsel, M., Hoogerheide, V., Janssen, E., Verkoeijen, P. & van Gog, T. (2022). How do higher education students regulate their learning with video modeling examples, worked examples, and practice problems? *Instructional Science*, *50(*5), 703–728.

Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung-Griemberg, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Barberi & K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (Mediale Impulse, Bd. 2, S. 121–131). Wien: new academic press.

Nilab Abbas[1]
Anna B. Bauer[1]
Josef Riese[1]
Peter Reinhold[1]

[1]Universität Paderborn

Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen für Theoretische Physik

Ausgangslage und Ziele

Die inhaltlichen Anforderungen der Theoretischen Physik werden von Studierenden in der Studieneingangsphase als besonders herausfordernd wahrgenommen und häufig als entscheidender Abbruchgrund des Physikstudiums genannt (Lui & Sun, 2010; Albrecht, 2011). Als besonders herausfordernd stellt sich der Erwerb von Problemlösefähigkeiten (Friege, 2001) durch das Bearbeiten von Übungsaufgaben sowie das hohe Abstraktionsniveau der mathematischen Methoden und der physikalischen Argumentation dar.
Um die Studierenden beim Erwerb von Problemlösefähigkeiten in der Theoretischen Physik zu unterstützen, werden in dem hier vorgestellten Projekt im Rahmen eines Design-Based-Research (DBR) Ansatzes (Wilhelm & Hopf, 2014) passgenaue digitale Selbstlernmaterialien zur Förderung von Problemlösefähigkeiten entwickelt und hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit und der Nutzungs- und Zufriedenheitswerte evaluiert.

Wissenszentriertes Problemlösen

Typische universitäre Übungsaufgaben erfordern differenzierte Analysen und schlussfolgerndes Denken unter Nutzung physikalischen Fachwissens (Smith, 1991). Das Modell von Friege (2001) beschreibt die Phasen des Lösungsprozesses solcher wissenszentrierter Problemlöseaufgaben und verknüpft diese mit den zur Problemlösung nötigen Wissenselementen. Entscheidend für eine erfolgreiche Problemlösung sind demnach hierarchisiertes und vernetztes Fachwissen und Problemschemata als kognitive Ressourcen. Liegen diese Ressourcen nicht vor, kommt es zu Schwierigkeiten beim Problemlöseprozess: Ohne Fachwissen lassen sich die zugrunde liegenden physikalischen Konzepte eines Problems nicht identifizieren; fehlen Problemschemata kommt es zu Schwierigkeiten beim effektiven Finden von Lösungsansätzen.

Forschungsfragen

Mit dem Projekt sind folgende Forschungsfragen verbunden:
FF1: Welche Schwierigkeiten und Herausforderungen beim Problemlösen in Theoretischer Physik lassen sich aus der Analyse von Lösungsprotokollen identifizieren?
FF2: Bewirkt die Nutzung der entwickelten Materialien ein erfolgreicheres Problemlösen?
FF3: Welche Konstruktions- und Gelingensbedingungen in Bezug auf die Entwicklung und den Einsatz von digitalen Selbstlernmaterialien beeinflussen den Lernerfolg?

Untersuchungsdesign und Ergebnisse

Die Entwicklung und Evaluation erfolgt in zwei DBR-Zyklen (Abb. 2).

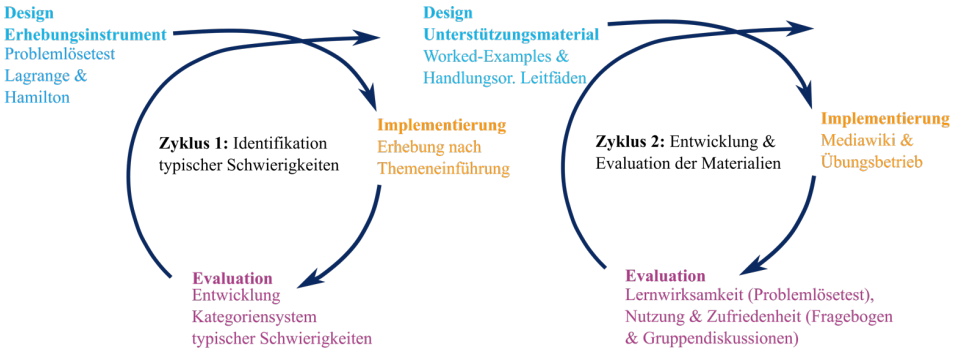


Abb. 1: Entwicklungs- und Evaluationsdesign (DBR) inkl. Testinstrumente

Zyklus 1: Identifikation typischer Herausforderungen und Schwierigkeiten

Für die Identifikation typischer Schwierigkeiten beim Problemlösen wurde ein Problemlösetest zur Theoretischen Mechanik entwickelt. Dieser besteht aus drei typischen Lehrbuchaufgaben (Bartelmann et al., 2018) mit gestufter Komplexität zum Lagrange- und Hamilton-Formalismus. Die Aufgaben adressieren jeweils unterschiedliche Schritte des Problemlöseprozesses, um ein möglichst hohe Varianz der Schwierigkeiten erheben zu können. Die Erhebung fand im SoSe 22 kurz nach der jeweiligen Behandlung der Themen in der Veranstaltung statt (Lagrange N=15, Hamilton N=16).

Die Lösungsprotokolle wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring & Fenzl, 2019) analysiert und ein Kategoriensystem erstellt, das typische Fehler und Schwierigkeiten beim Problemlösen systematisiert. Dabei wurde ein Teil der Kategorien dekuktiv auf Basis des Modells von Friege (2001) festgelegt und die übrigen induktiv aus dem Material abgeleitet. Zentrale Ergebnisse sind, dass die Studierenden vor allem beim Finden eines Lösungsansatzes sowie bei der Mathematisierung scheiterten. Das Finden eines Lösungsansatzes war vorrangig aufgrund von Defiziten im Fachwissen nicht möglich. Hier zeigte sich vor allem ein fehlendes konzeptuelles Verständnis. Bspw. wurden Zwangsbedingungen nicht als solche erkannt und als potentielle Energie wurde grundsätzlich das Gravitationspotential in Erdnähe angenommen. Beim Mathematisieren scheitern die Studierenden vor allem beim korrekten Aufstellen von Zwangsbedingungen und von Transformationsformeln zwischen kartesischen und generalisierten Koordinaten. An einem Teil der Lösungsprotokolle (N=8) wurde ein Interrating Verfahren durchgeführt, um die Trennschärfe des Kategoriensystens zu überprüfen. Es wurde eine Interrater-Übereinstimmung von α=0,86 (Krippendorffs α; Krippendorff, 2011) erreicht.

Zyklus 2: Passgenaue Entwicklung und Evaluation der Unterstützungsmaterialien

Im zweiten Zyklus werden die Unterstützungsmaterialien basierend auf den identifizierten Schwierigkeiten entwickelt, eingesetzt und evaluiert. Der Fokus bei der Materialentwicklung liegt auf der Unterstützung beim Finden eines Lösungsansatzes. Aus der Expertiseforschung ist bekannt, dass das Finden von Lösungsansätzen vor allem durch Problemschemata als kognitive Ressourcen gesteuert wird (Reinhold et al., 1999). Diese bestehen aus Informationen darüber, welche konkreten Lösungsschritte beim Aufstellen eines Ansatzes durchzuführen sind und aus Anwendungsheuristiken, die über die Eignung jenes Ansatzes für das vorliegende

Problem Auskunft geben (Woitkowski, 2020). Um gezielt Problemschemata aufzubauen, wurden passgenau zu den identifizierten Schwierigkeiten neun Worked-Examples (Renkl, 2005) und zwei handlungsorientierte Leitfäden entwickelt. Die Worked-Examples demonstrieren ein *expertenhaftes* Vorgehen beim Problemlösen und sollen so zu Beginn des Fähigkeitserwerbs die kognitive Belastung reduzieren (Sweller, 1988). Die handlungsorientierten Leitfäden sollen den Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses des Lagrange- und Hamilton-Formalismus unterstützen. Sie begründen die Schrittfolge beim Problemlösen und zeigen die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit.
Zur Adressierung der heterogenen Lernvoraussetzungen der Studierenden werden komplexitätsgestufte Aufgabenstellungen und Lösungshinweise sowie Selbsttests zur Überprüfung des Wissens bereitgestellt. Die Materialien wurden im SoSe 23 in einem Mediawiki implementiert und im Übungsbetrieb als Unterstützungsangebot beworben.
Zur Evaluation wurde ein Mixed-Methods-Design (Bryman, (2006)) verwendet. Es wurden qualitative und quantitative Daten erhoben und miteinander trianguliert (siehe Tab. 1 nach Kirkpatrick (1959)). Da das hier vorgestellte Projekt in einem noch theoretisch unerschlossenen Forschungsfeld verortet ist, sollen so fundiertere Einblicke zu Herausforderungen in Theoretischer Physik und zur Wirksamkeit der Materialien ermöglicht werden.

Stufe	**Observablen**	**Messung**
Learning	Problemlöseleistung	Problemlösetest: Vergleich zwischen Kohorten SoSe 22 und SoSe 23 bzgl. Problemlöseleistung
	Klausurerfolg	Klausurergebnisse: Vergleich zwischen Kohorten SoSe 22 und SoSe 23 bzgl. Klausurleistung
	Selbst wahrgenommener Lernerfolg	Fragebogen & Gruppendiskussionen Ende SoSe23
Reaction	Nutzungs- & Zufriedenheitswerte	Fragebogen & Gruppendiskussionen Ende SoSe 23

Tab. 1: Evaluationskonzept - Triangulation qualitativer und quantitativer Daten

Ausblick
Aktuell werden die erhobenen Daten zur Evaluation ausgewertet und die Lösungsprotokolle aus dem SoSe 23 mithilfe des Kategoriensystems analysiert. Die Ergebnisse sollen mit den Ergebnissen der vorherigen Kohorte verglichen werden, um so Hinweise zur Lernwirksamkeit der Materialien generieren zu können. Auf Basis der Ergebnisse der Auswertung aller Datensätze werden die Konstruktions- und Gelingensbedingungen für den Einsatz digitaler Selbstlernmaterialien generiert.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik (Dissertation). Freie Universität Berlin, Berlin.

Bartelmann, M., Feuerbacher, B., Krüger, T., Lüst, D., Rebhan, A., & Wipf, A. (2018). Theoretische Physik 1| Mechanik. Springer Berlin Heidelberg.

Bryman, A. (2006). Integrating quantitative and qualitative research: how is it done?. Qualitative research, 6(1), 97-113.

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs, Band 19 von Studien zum Physiklernen. Logos-Verlag, Berlin.

Kirkpatrick, D. L. (1959/60). Techniques for evaluating training programs Part I, II, III and IV. Journal of the American Society of Training Directors, 13(11), 13(12), 14(1) and 14(2).

Krippendorff, K. (2011). Computing Krippendorff's alpha reliability.

Liu, T., & Sun, H. (2010). Strategies of Theoretical Physics Instruction Reform. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 4, 113

Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (pp. 633-648). Springer VS, Wiesbaden.

Renkl, A. (2005). The worked out examples principle in multimedia learning. In Mayer, R.E. (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Reinhold, P.; Lind, G.; Friege, G. (1999): Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 5 (1), S. 41–62.

Smith, M. U. (1991). A View from Biology. In M. U. Smith (Hrsg.), Toward a unified Theory of Problem Solving. Views from the Content Domains. (S. 1–19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive science, 12(2), 257-285.

Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (pp. 31-42). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Woitkowski, D. (2020). Ressourcen zur Problemlösung: Problemschemata. Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Duisburg-Essen: Universität Duisburg-Essen, 373-376.

Christoph Fröleke[1]
Salome Janke[1]
Sebastian Habig[2]
Sabine Fechner[1]

[1]Unversität Paderborn
[2]Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Evaluation eines digitalen Tools zur Laborpraktikumsvorbereitung

Die praktische Arbeit in Laborpraktika stellt einen wesentlichen Bestandteil des Curriculums in den verschiedenen Chemiestudiengängen dar (Reid & Shah, 2007). Die Studierenden weisen dabei einen heterogenen Grad an Vorwissen im ersten Semester des Chemiestudiums auf, welcher zum Teil aus dem Kurswahlverhalten der Studierenden in der Schule resultiert (Averbeck, 2021). Dieser Umstand könnte aus dem unterschiedlichen Ausmaß an Dauer und Tiefe der Beschäftigung mit den Inhalten resultieren (Busker et al., 2010). Um den stark unterschiedlichen Voraussetzungen entgegenzuwirken, führen Busker et al. (2010) an, dass Studienanfänger*innen, die Chemie im Haupt- oder Nebenfach studieren, weitere Unterstützungsangebote von Seiten der Universität benötigen. Ergänzend dazu erfahren die Studierenden während des Praktikums, welches an der Universität Paderborn im ersten Semester begleitend zu den anderen Veranstaltungen als Blockveranstaltung durchgeführt wird, eine hohe Stofffülle und damit einhergehend eine hohe zeitliche Belastung (Schwedler, 2017). Um die für Studienanfänger*innen herausfordernde Praktikumszeit vorzuentlasten, wird an der Universität Paderborn im Rahmen des DigiSelF-Projektes ein digitales Unterstützungstool zur Vorbereitung auf das erste Laborpraktikum im Chemiestudium entwickelt. Durch die Möglichkeit einer zeit- und ortsunabhängigen Nutzung des digitalen Tools sollen grundlegende Labortätigkeiten der Studierenden schon vor Praktikumsbeginn gefördert werden.

Theoretischer Hintergrund

Damit Studierende erfolgreich in ihrer laborpraktischen Arbeit sind, benötigen sie neben dem deklarativen Wissen ebenfalls prozedurales Wissen (Fadzil & Saat, 2017). Das deklarative Wissen, das die Studierenden für die Experimentiersituation benötigen, beinhaltet dabei konzeptuelles Wissen, wie die Kenntnis der Eigenschaften der eingesetzten Geräte, während das prozedurale Wissen beispielsweise die Kenntnisse über den korrekten Umgang und den gezielten Einsatz dieser in einer gegebenen Situation umfasst. Dieses Verständnis von Voraussetzungen für kompetentes Handeln findet sich auch in der Modellierung der Kompetenz als kontinuierlicher Prozess (Blömeke et al., 2015). In dieser resultiert die Performanz eines Individuums aus den Dispositionen, bestehend aus den kognitiven, motivationalen und affektiven Voraussetzungen, die in einer Situation durch situationsspezifische Fähigkeiten, wie die Wahrnehmung, Interpretation oder Entscheidungsfindung, abgerufen werden. Das zuvor beschriebene deklarative und prozedurale Wissen lässt sich innerhalb der Kognition des Individuums verorten. Für den Bereich des Affekts und der Motivation gibt es ebenfalls empirische Befunde über einen möglicherweise bestehenden Einfluss auf das erfolgreiche Arbeiten im chemischen Laborpraktikum. So stellt Bowen (1999) mit der Entwicklung seines Testinstrumentes heraus, dass Studierende Angst im Labor in fünf verschiedenen Dimensionen zeigen können. Einen möglichen Einfluss stellen Atabek-Yigit und Senoz (2021) heraus. Studierende, die eine höhere Merkmalsausprägung innerhalb der prozeduralen Dimension der Angst zeigen,

erkennen weniger prozedurale Fehler bei zuvor aufgezeichneten experimentellen Handlungen. Vorgeschaltete Maßnahmen zur Praktikumsvorbereitung könnten hierbei eine Möglichkeit sein, um die Angst der Studierenden zu senken (Agustian & Seery, 2017; Clemons et al., 2019). Die Motivation Studierender scheint hingegen einen Einfluss auf die Leistung der Studierenden im ersten Semester zu haben (Zusho et al., 2003) und neben dem Studieninteresse (Averbeck, 2021) ein Prädiktor für eine mögliche Studienabbruchentscheidung der Studierenden zu sein (Fleischer et al., 2019).

Digitales Unterstützungstool zur Praktikumsvorbereitung

Das digitale Unterstützungstool, welches innerhalb des DigiSelF-Projektes entwickelt wird, besteht in seiner Konzeption aus zwei auch getrennt voneinander funktionierenden Anwendungen, einem 360° Labor und einem Online-Self-Assessment Tool (OSA). Das 360° Chemielabor besteht aus 360°Bildern des Praktikumssaals der Universität Paderborn. Diese sind mit weiteren Inhalten angereichert worden. Das OSA soll den Studierenden ein formatives Assessment ihres Kenntnisstandes ermöglichen. Die angedachte Form der digitalen Bereitstellung des Tools für die Studierenden ermöglicht eine zeit- und ortsunabhängige individuelle Beschäftigung mit den Inhalten. Auch wenn die Anwendungen unabhängig voneinander nutzbar sind, wird gerade durch die kombinierte Verwendung ein Mehrwert intendiert, den es zu untersuchen gilt. Durch das von dem OSA automatisiert generierten Feedback zu dem Vorwissen der Studierenden mit zusätzlichen Verweisen auf die dazu passenden Laborsituationen des 360° Labors, soll den Studierenden die Möglichkeit geboten werden, sich gezielt in Bezug auf ihr prozedurales und deklaratives Wissen für grundlegende laborpraktische Handlungen verbessern zu können. Im Anschluss an eine gezielte, vertiefte Aufarbeitung der Verbesserungspotenziale mit Hilfe des 360° Labors können die Studierenden mit Hilfe des OSAs erneut ihren Wissensstand überprüfen.

Das 360° Labor ermöglicht einen Laborrundgang durch die praktikumsrelevanten Räumlichkeiten und wird mit Hilfe von Adobe Captivate umgesetzt. Ein solcher Rundgang hat das Potential, Studierende bereits vor Beginn des Praktikums mit den Räumlichkeiten vertraut zu machen (Clemons et al., 2019). Um diese etablierte Unterstützungsmaßnahme weiterzuentwickeln, wurden innerhalb der digitalen Laborumgebung problembasierte Inhalte implementiert. Innerhalb der einzelnen Situationen wird den Studierenden eine typische Laborsituation geschildert, mit der sie auch im tatsächlichen Praktikum konfrontiert werden könnten. Die Situationen wurden zu einem großen Teil aus einer Interviewstudie mit den Praktikumsbetreuenden der Grundlagenpraktika an der Universität Paderborn abgeleitet, die im Rahmen der Masterarbeit des Erstautoren durchgeführt wurde (Fröhleke, 2023). Dabei handelt es sich bei den Schilderungen um Situationen, deren Vorgehen nicht explizit im Praktikumsskript beschrieben ist. Beispielhaft zu nennen ist hierbei das Ansetzen einer Lösung mit definierter Konzentration. Nach der Beschreibung können sich die Studierenden entscheiden, ob sie für die aufgeführte Problemstellung noch weitere Hilfestellungen benötigen oder sie der Überzeugung sind, die nötigen Kenntnisse zu besitzen, um diese eigenständig zu lösen. Sollten sie sich entscheiden, weitere Hilfestellungen zu benötigen, sind diese in prozedurales, deklaratives und metakognitives Wissen vorstrukturiert. Die Studierenden werden vorab durch eine Reflexionsfrage angeregt, ihr Vorwissen zu aktivieren, und können anschließend mit Hilfe eines Lösungsbeispiels ihren Kenntnisstand abgleichen. Um gezielt einzelne Unterkategorien der Hilfestellung, wie z.B. Hilfen zu den

mathematischen Berechnungen auszuwählen, können die Studierenden einen von jeder Folie erreichbaren Button nutzen, um zu einer Navigationsfolie zu gelangen.
Das OSA soll in geschlossenen, automatisch ausgewerteten Item-Formaten, wie Zahlen-, Texteingaben oder Multiple-Choice-Single-Select, deklaratives und prozedurales Wissen für grundlegende laborpraktische Handlungen erfassen. Diese Items werden für die Entwicklung des Tools in einer Online-Self-Assessment Plattform der Universität Paderborn implementiert. Während für das deklarative Wissen ein klassisches Vorgehen mit mehreren gruppierten Einzelitems zur Messung in einem Teilbereich angedacht ist, soll das prozedurale Wissen mit einer logischen Verknüpfung von Einzelitems erfasst werden. Die mögliche Struktur dieser Items funktioniert in drei Ebenen. Zuerst entscheiden sich die Studierenden grundlegend für ein Vorgehen. Im zweiten Schritt legen sie die Reihenfolge der sich ableitenden Teilschritte fest. Abschließend werden sie nach konkreten Entscheidungen in den Teilschritten gefragt.

Geplante Evaluation

Die Evaluation des im vorherigen Abschnitt vorgestellten 360° Labors soll mit der Studierendenkohorte des Wintersemesters 2023/24 im Praktikum Allgemeine Chemie an der Universität Paderborn geschehen. Die Erhebung ist dabei mit einem experimentellen Design mit Interventions- und Kontrollgruppe geplant. Die Einteilung der Gruppen erfolgt durch das Bilden von Matched-Pairs aufgrund der Angaben innerhalb der Vorbefragung. Diese findet vor dem Beginn der Vorbereitungsphase stattfindet. Die Teilnehmenden der Experimentalgruppe erhalten ergänzend zu den Vorbereitungsmaterialen des Kurses Zugang zum entwickelten 360° Labor. Nach der Vorbereitungsphase wird zu Beginn und am Ende der dreiwöchigen Praktikumszeit in einer Zwischen- und Abschlusserhebung der Effekt des 360° Labors betrachtet. Innerhalb der Erhebungen beantworten die Studierenden zum einen Fragebögen zu dem für die Inhalte des 360° Labors relevanten konzeptuellen und prozeduralen Wissen der Studierenden. Neben dem für die laborpraktische Arbeit benötigten Wissen wird mit Hilfe von zwei weiteren Fragebögen die wahrgenommene Angst und die Motivation durch eine Selbstauskunft der Studierenden erfasst. Die empfundene Angst wird dabei mit Hilfe des „Chemistry Laboratory Anxiety Instrument“ (Bowen, 1999) erhoben, während die Motivation der Studierenden mit Rückbezug auf die *situated expectance-value theory* (Eccles & Wigfield, 2020) erfasst wird. Im Unterschied zu den anderen beiden Messzeitpunkten sollen die Studierenden in der Abschlussbefragung retrospektive Angaben zu den aufgeführten affektiven Variablen machen.

Literatur

Agustian, H. Y. & Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 518–532. https://doi.org/10.1039/C7RP00140A

Atabek-Yigit, E. & Senoz, A. B. (2021). What does students' recognition of procedural mistakes in the chemistry laboratory tell us? *Pedagogies: An International Journal*, 1–16. https://doi.org/10.1080/1554480X.2021.1975544

Averbeck, D. (2021). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 308. Logos Verlag. https://content-select.com/de/portal/media/view/620a6bbe-6a6c-4b5d-925c-4f40b0dd2d03

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Bowen, C. W. (1999). Development and Score Validation of a Chemistry Laboratory Anxiety Instrument (Clai) for College Chemistry Students. Educational and Psychological Measurement, 59(1), 171–185. https://doi.org/10.1177/0013164499591012

Busker, M., Parchmann, I. & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON* 17(4), 163–168. https://doi.org/10.1002/ckon.201010134

Clemons, T. D., Fouché, L., Rummey, C., Lopez, R. E. & Spagnoli, D. (2019). Introducing the first year laboratory to undergraduate chemistry students with an interactive 360° experience. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1491–1496. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00861

Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Epistemological Development and Its Impact on Cognition in Academic Domains*, 61, 101859. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859

Fadzil, H. M. & Saat, R. M. (2017). Exploring students' acquisition of manipulative skills during science practical work. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(8), 4591–4607. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00953a

Fleischer, J., Leutner, D., Brand, M., Fischer, H., Lang, M., Schmiemann, P. & Sumfleth, E. (2019). Vorhersage des Studienabbruchs in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(5), 1077–1097. https://doi.org/10.1007/s11618-019-00909-w

Fröhleke, C. (2023). Problemorientierte Handlungssituation im Chemielabor - Eine Expert*innenbefragung [Unveröffentlichte Masterarbeit]. Universität Paderborn, Paderborn.

Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172–185. https://doi.org/10.1039/B5RP90026C

Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 165–179. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0064-5

Zusho, A., Arbor, A. & Coppola, B. (2003). Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1081–1094.

Kevin Schmitt[1]
Verena Spatz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Auswertung inhaltlicher Besonderheiten im Vorwissen von Physik-Nebenfachstudierenden

Motivation

Die Untersuchung von Studienabbruchzahlen in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zeigt seit Jahren gleichbleibend hohe Ergebnisse (Heublein et al., 2022). Besonders die Studieneingangsphase scheint Studierende vor inhaltliche Herausforderungen zu stellen (Albrecht et al., 2011). Zurückzuführen ist dies unter anderem auf die mangelnde Passung zwischen den aus dem sekundären Bildungsweg erworbenen Fähigkeiten der Studienanfänger:innen und den Erwartungen zu Beginn des Studiums (Rach & Heinze, 2014). Im Hinblick auf Forschungsarbeiten zum Studienerfolg erweist sich die Abiturdurchschnittsnote als der valideste Einzelprädiktor (vgl. Averbeck et al., 2016; Sorge et al., 2016; Trapmann et al., 2007). Bezüglich möglicher Unterstützungsmaßnahmen, kann auf diese nach dem Abschluss jedoch keinen Einfluss mehr genommen werden. Um dennoch sowohl Studierende zu unterstützen als auch Dozierenden die Lernausgangslage der Studierenden offenzulegen, bietet sich die Untersuchung des fachspezifischen Vorwissens an. Jüngste Forschungsergebnisse zeigen für dieses ebenfalls prognostische Validität für den Studien- und Klausurerfolg auf (Binder et al., 2019; Freyer et al., 2014; Müller et al., 2018; Trump & Borowski, 2016). Dabei ist auffällig, dass das mathematische Vorwissen besonders häufig Gegenstand der Forschung in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen ist (Buschhüter et al., 2016, 2017; Müller et al., 2016; Rach & Ufer, 2020; Uhden, 2012).
Gerade in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, die Physik-Lehrveranstaltungen meist zu Beginn des Studiums im Curriculum vorsehen, lassen sich in der Praxis oft hohe Misserfolgsquoten verzeichnen. Um diese Problemlage handzuhaben, werden die Studierenden dieser Lehrveranstaltungen, im Folgenden „Physik-Nebenfachstudierende“, in der hier beschriebenen Studie auf ihr physikalisches Vorwissen untersucht.
Ein Ziel der Forschungsarbeit ist es, das physikalische Vorwissen möglichst differenziert anhand von verschiedenen physikalischen Inhalten und Wissensarten (Hailikari, 2009) zu beschreiben. In diesem Beitrag stehen hauptsächlich die Unterschiede im physikalischen Vorwissen zu den abgefragten Inhalten im Fokus.

Datenerhebung

Die Erhebung der Daten fand zu Beginn des Wintersemesters 2022/2023 und des Sommersemesters 2023 rein digital über die Plattform „SoSci-Survey“ als Teil der Hausübung in der ersten Vorlesungswoche statt. Auf Grund der unterschiedlichen Handhabung der Dozierenden bezüglich der Vergabe von Bonuspunkten für die Teilnahme am Vorwissenstest, sind die Teilstichproben stark unterschiedlich. Insgesamt nahmen Physik-Nebenfachstudierende aus fünf Physik-Lehrveranstaltungen teil: „Physik für Maschinenbau“ (N = 163), „Physik für Chemiestudierende“ (N = 23), die für das dritte Fachsemester vorgesehen ist, „Physik für Biologiestudierende“ (N = 45), „Physik für Elektrotechnik“ (N = 218), die für das erste Fachsemester vorgesehen ist und „Physik für Umwelt- und Bauingenieurwesen“ (N = 21), die für das zweite Fachsemester vorgesehen sind.
Der Vorwissenstest besteht aus drei übergeordneten Testteilen, die unterschiedliche Frageformate enthalten und deklaratives oder prozedurales Wissen abfragen (Schmitt & Spatz, 2022). Die Testteile teilen sich nach drei von vier Wissensarten nach Hailikari (2009) auf:

„Faktenwissen“ (Multiple-Choice), „Konzeptwissen“ (Freitext-Antworten) und „Anwendungswissen“ (Auswahl – Drop-down). Zudem können die Fragen anhand ihrer physikalischen Inhalte aufgeteilt werden: Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik. Die Reliabilitätsprüfung nach zweimaliger Pilotierung und Überarbeitungen zeigt die folgenden Werte für die Personenreliabilität (analog zu Cronbach’s Alpha) aufgeteilt nach Inhalten: Mechanik = .83, Elektrizitätslehre = .84, Optik = .73. Aufgeteilt nach Wissensbereichen ergeben sich die Werte: Faktenwissen = .78, Konzeptwissen = .81, Anwendungswissen = .71. Alle Werte zeigen mittlere bis gute interne Konsistenz der Aufgaben. Für die statistische Auswertung werden die erhobenen Daten mit einem zweiparametrischen Rasch-Modell ausgewertet. Die im Folgenden angegebenen Werten sind die Mittelwerte der Personenfähigkeiten, die anhand berechneter Item-Schwierigkeiten ermittelt wurden. Ein Wert von 0 beschreibt dabei die Lösungswahrscheinlichkeit einer Aufgabe von 50%. Niedrigere/höhere Werte bedeuten niedrigere/höhere Lösungswahrscheinlichkeiten der Aufgaben.

Deskriptive Ergebnisse

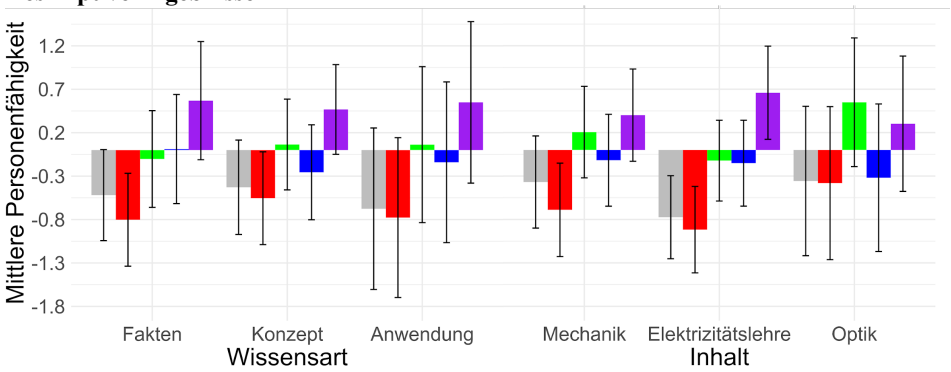


Abb. 1: Balkendiagramme der mittleren Personenfähigkeiten mit Standardabweichungen aufgeteilt nach den verschiedenen Lehrveranstaltungen: Grau: Umwelt- und Bauingenieurwesen; Rot: Biologie; Grün: Chemie; Blau: Elektrotechnik; Violet: Maschinenbau. Links: Getrennt nach Wissensarten; Rechts: Getrennt nach Inhalten.

In Abb. 1 sind die Werte der Studierenden aus den verschiedenen Lehrveranstaltungen in einem Balkendiagramm dargestellt. Sowohl die Analyse getrennt nach Wissensarten als auch nach Inhalten zeigt, dass die Teilnehmenden der Biologie (rot) und Umwelt- und Bauingenieurwesen (grau), die niedrigsten Personenfähigkeiten im physikalischen Vorwissen besitzen. Die höchsten Personenfähigkeiten erzielen die beiden Gruppen im Bereich Optik mit den Mittelwerten $M_{Bio\text{-}Optik}$ = -0.38, SD = 0.88 (Biologie) und $M_{Bau\text{-}Optik}$ = -0.35, SD = 0.86 (Umwelt- und Bauingenieurwesen). Studierende der Chemie und der Elektrotechnik zeigen mittlere Personenfähigkeiten um den Wert 0 für alle Aufteilungen, auf. Eine Ausnahme ist der Bereich Optik bei der Gruppe der Chemiestudierenden ($M_{Chem\text{-}Optik}$ = 0.55, SD = 0.74). Die höchsten Personenfähigkeiten zeigen die Teilnehmenden der Maschinenbauveranstaltung mit dem niedrigsten Wert $M_{Masch\text{-}Optik}$ = 0.30, SD = 0.78 im Bereich Optik und dem höchsten $M_{Masch\text{-}Elehre}$ = 0.66, SD = 0.54 im Bereich Elektrizitätslehre. Auffällig ist bei der Aufteilung nach Wissensarten, dass alle Gruppen, außer die der Biologie, im Konzeptwissen die niedrigsten, gruppeninternen, mittleren Personenfähigkeiten aufzeigen.

Statistische Ergebnisse

In diesem Teil werden nur die Ergebnisse aufgeteilt nach den drei Inhalten Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik betrachtet. Dafür wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit der abhängigen Variable „Personenfähigkeit durchgeführt. Neben der

unabhängigen Variable „Lehrveranstaltung“ (LV) wurden die drei Kontrollvariablen: „Abiturnote“ (HZB – 0.5 Notenschritte), „Geschlecht“ (G – männlich und weiblich) und „Hochschulsemester“ (HSS – unter drei, unter sechs und unter neun) in die Varianzanalyse mit einbezogen. Die entsprechenden F-Werte mit Signifikanzen (* : p-Wert < 0.1; ** : p-Wert < 0.05; *** : p-Wert < 0.01) und die dazugehörigen Effektstärken anhand partiellem Eta-Quadrat (< 0.1: kleiner; < 0.6 mittlerer; < 0.14 starker Effekt) sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse, aufgeteilt nach Inhalten, mit der abhängigen Variable „Personenfähigkeit“ und den unabhängigen Variablen: „Veranstaltung“ (LV), „Abiturnote“ (HZB), „Geschlecht“ (G) und „Hochschulsemester“ (HSS).

		Mechanik		Elektrizitätslehre		Optik	
	df	F-Wert	Partiel. Eta^2	F-Wert	Partiel. Eta^2	F-Wert	Partiel. Eta^2
Veranstaltung (LV)	4	14.29***	0.11	35.66***	0.23	6.80***	0.05
Abiturnote (HZB)	5	14.05***	0.13	10.25***	0.10	6.87***	0.07
Geschlecht (G)	1	19.15***	0.04	11.78***	0.02	9.73**	0.02
Semester (HSS)	2	0.94	0.00	6.03**	0.02	0.52	0.00

Der größte Effekt tritt bei der Variable LV im Bereich Elektrizitätslehre ($F(4, 473) = 14.29$, $p < .001$) mit einer Varianzaufklärung von 23% auf. Im Bereich Mechanik zeigt die Variable einen mittleren ($F(4, 473) = 14.29$, $p < .001$)) und im Bereich Optik einen schwachen Effekt ($F(4, 473) = 6.80$, $p < .001$)). Die Unterscheidung nach Abiturnoten zeigt in allen Inhaltsbereichen mittlere Effekte (Mechanik: $F(5, 472) = 14.05$; $F(5, 472) = 10.25$; $F(5, 472) = 6.87$, $p < .001$)). Für die Variable Geschlecht ergeben sich signifikante Unterschiede mit schwachen Effekten in allen Bereichen (Mechanik: $F(1, 476) = 19.15$, $p < 0.01$; $F(1, 476) = 11.78$, $p < 0.01$; $F(1, 476) = 9.73$, $p < .005$)).
Ein Post-Hoc-Test (Tukey-HSD) zeigt für die Lehrveranstaltung Biologie in allen drei Inhalten signifikante Unterschiede zu Gunsten der mittleren Personenfähigkeiten der anderen Veranstaltungen. Männliche Teilnehmende mit solche mit guten Abiturnoten im Bereich von 1.0-1.5 zeigen signifikant höhere mittlere Personenfähigkeiten in allen drei Inhalten im Vergleich mit den anderen Gruppen.

Diskussion

Sowohl die deskriptiven Ergebnisse als auch die der Varianzanalyse zeigen deutliche Unterschiede im physikalischen Vorwissen der Studierenden unterschiedlicher Lehrveranstaltungen. Zusätzlich konnte repliziert werden, dass die Abiturdurchschnittsnote ein Indikator für vorhandene fachliche Kompetenzen angesehen werden kann, besonders im Bereich sehr guter Notendurchschnitte.
Für die Praxis ergeben sich vor allem Anwendungsmöglichkeiten in Bezug auf die Ergebnisse beim Vergleich unterschiedlicher Lehrveranstaltungen. Dozierende, die in der Regel dem Fachbereich Physik angehören, können anhand der Daten bereits vor Beginn der Veranstaltung inhaltliche Anpassungen vornehmen. So kann z.B. bei Teilnehmenden der „Physik für Biologiestudierende“ Veranstaltung berücksichtigt werden, dass diese im Durchschnitt erheblich viel weniger physikalisches Vorwissen besitzen als Teilnehmende der „Physik für Maschinenbau“ Veranstaltung. Weiterhin kann dies dabei helfen realistische Anforderungen an die Studierenden zu stellen. Eine weitere Anwendung, die bereits an der TU Darmstadt eingesetzt wird, sind, auf die Bedarfe der Studierenden, angepasste Vor- und Begleitkurse. Diese sollen den Studierenden ermöglichen den Eingangsvoraussetzungen der Veranstaltungen gerecht zu werden und das oft heterogen verteilte Vorwissen anzupassen.

Literaturverzeichnis

Albrecht, André, Nordmeier & Volkhard (2011). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule: Journal für WIssenschaft und BIldung*(20, 2), 131–145.

Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D. & Brand, M. (2016). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung.* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Zürich.

Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Friege, G., Theyssen, H. & Schmiemann, P. (2019). Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. *International Journal of STEM Education*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-019-0189-9

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 61–75. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0041-4

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 127–141. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0062-7

Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 129–142. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0015-3

Hailikari, T. (2009). *Assessing University Students' Prior Knowledge.: Implications for Theory and Practice* [Dissertation]. University of Helsinki, Helsinki.

Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland.* https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF

Müller, J., Dammann, E., Fischer, H. E., Lang, M., Borowski, A., Lorke, A. & Menkenhagen, J. (2016). Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg. In Christian Maurer (Vorsitz), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 183–199. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y

Rach, S. & Heinze, A. (2014). Individuelle Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester des Mathematikstudiums. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014: Vorträge auf der 48. Tagung für Didaktik der Mathematik - Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. 03. 2014 bis 14.03. 2014 in Koblenz* (S. 935–938). WTM, Verl. für Wiss. Texte und Medien.

Rach, S. & Ufer, S. (2020). Which Prior Mathematical Knowledge Is Necessary for Study Success in the University Study Entrance Phase? Results on a New Model of Knowledge Levels Based on a Reanalysis of Data from Existing Studies. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, *6*(3), 375–403. https://doi.org/10.1007/s40753-020-00112-x

Schmitt, K. & Spatz, V. (2022). Physikalisches Vorwissen in Physik-Nebenfachveranstaltungen. In H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik Beiträge zur virtuelle DPG-Frühjahrstagung 2022.*

Sorge, S., Petersen, S. & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 165–180. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0048-x

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs - eine Metaanalyse 1Dieser Beitrag entstand im Kontext des Projekts "Eignungsdiagnostische Auswahl von Studierenden", das im Rahmen des Aktionsprogramms "StudierendenAuswahl" des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft und der Landesstiftung Baden-Württemberg durchgeführt wird. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *21*(1), 11–27. https://doi.org/10.1024/1010-0652.21.1.11

Trump, S. & Borowski, A. (2016). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II - Wie und Welche? In Sascha Bernholt (Vorsitz), *Jahrestagung GDCP 2015.* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Bremen.

Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Fak. Mathematik und Naturwiss., Diss., 2012. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 133*. Logos-Verl.

Katharina Groß[1]
Niklas Prewitz[1]
Andrea Schumacher[1]

[1]Universität zu Köln

Educational Escape Games im Rahmen des Schülerlabors ELKE

Einleitung

Das Schüler- und Lehr-/Lernlabor ELKE zeichnet sich durch eine gezielte Vernetzung des außerschulischen Lernortes mit dem schulischen Lernort Chemieunterricht aus und verfolgt das Ziel, Schüler:innen anhand curricular anbindungsfähiger Inhalte sowohl in ihrem Interesse als auch in ihrem fachlichen Chemielernen kompetenzorientiert zu fördern (Groß & Schumacher, 2018). Dabei ermöglicht das grundlegende Potential des non-formalen Lernens im Schülerlabor ELKE den Schüler:innen nicht nur eine zeitlich und materiell bzw. experimentell intensive Auseinandersetzung mit den jeweiligen Fachinhalten, sondern auch – auf Grund seiner jeweils spezifischen didaktisch-methodischen Ausgestaltung – eine andere Art des Lernerlebens. In diesem Sinne können neben konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen auch vielfältige überfachliche Kompetenzen (u.a. Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit) adressiert und gefördert werden.
Eine ebenfalls andere Art des Lernerlebens bieten Educational Escape Games (EEGs), die Schüler:innen zu einer spielerischen Auseinandersetzung mit Fachinhalten anregen und damit die Lernmotivation fördern können (Groß et al., angenommen; Lathwesen & Belova, 2021; Taraldsen et al., 2022; Wlotzka, 2021). Durch die gezielte Verbindung von EEGs mit non-formalen Lerngelegenheiten können Synergieeffekte geschaffen werden, die sich sowohl positiv auf die Motivation der teilnehmenden Schüler:innen als auch auf die Intensität der fachinhaltlichen Auseinandersetzung und damit auf den unterrichtlichen Mehrwert des Besuchs von außerschulischen Lernorten allgemein und ELKE im Spezifischen auswirken können.

EEGs im Rahmen des Schülerlabors ELKE

Im Rahmen von ELKE wurden bisher unterschiedlich ausgestaltete EEGs entwickelt und etabliert, deren Einsatz stets forschungsmethodisch begleitet und evaluiert wird. Den Grundprinzipien des Schülerlabors folgend, werden auch die EEGs primär nach den Kriterien *curriculare Anbindungsfähigkeit der Inhalte*, *kompetenzorientierte Gestaltung* und *Bereitstellung von Vor- und Nachbereitungsmaterial* konzipiert. Diese Grundprinzipien werden mit den basalen EEG-Facetten *Rätsel*, *Rahmenhandlung* und *Fachinhalt* (Groß et al., angenommen) kombiniert. Es ist anzunehmen, dass die Ausgestaltung und Gewichtung sowie das wechselseitige Zusammenspiel dieser basalen EEG-Facetten als wesentliche Gütekriterien insbesondere für die lernbezogene Wirksamkeit EEG-basierter Lernsettings herangezogen werden können. Nachfolgend werden exemplarisch drei als EEG konzipierte ELKE-Labortage vorgestellt, die sich im Hinblick auf die Umsetzungsart (analog, hybrid, digital) unterscheiden (vgl. Tab.1).

Mehrwert des Einsatzes von EEGs in außerschulischen Lernorten

Der Einsatz von EEGs in non-formalen Lernsettings, wie im Schülerlabor ELKE, bietet zahlreiche Vorteile: Durch die Lösung vom schulischen Zeitrahmen ermöglichen

außerschulische Lernorte eine zeitliche und damit auch potenziell inhaltlich intensivere Auseinandersetzung mit konkreten Themen und Fragestellungen.

Tabelle 1: EEGs im Schülerlabor ELKE

Fachinhalt (Curriculare Anbindung, KLP NRW)	**Rahmenhandlung**	**Rätsel/EEG-Typ**
Analoges EEG: Chemistry Escape – Finde den Weg! (Groß & Schumacher, 2020)		
- Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen (IHF 1); Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe (IHF 4). - Wiederholung und Vertiefung der Inhalte der Organischen Chemie: Alkohole, Carbonyle, Carbonsäuren, Ester, Farbstoffe.	Fiktives Entführungsszenario eines Professors und Erpressung der Forschungsergebnisse. S:S müssen Forschungsergebnisse finden, um Professor zu befreien.	- Analoges, experimentbasiertes EEG. - Lineares Vorgehen: Lösen experimenteller Aufgaben liefert Zahlencodes, die zum Entsperren der nächstfolgenden Station benötigt werden.
Hybrides EEG: Rettung von Dr. Globalheat		
- Wiederholung der für die Sek. II relevanten Fachinhalte der Sek. I (IHF 2 – IHF 9).	Der verrückte Wissenschaftler Dr. Globalheat hat ein Virus freigesetzt, das Menschen handlungsunfähig macht. Die S:S müssen in seinem verlassenen Haus nach einem Gegenmittel suchen, um die Menschheit von dem Virus zu befreien.	- Hybrides, experimentbasiertes, arduinogestütztes EEG - Lineares Vorgehen: Lösen experimenteller Aufgaben entsperrt die jeweils folgende Kiste.
Digitales EEG: Wo ist Dr. Molina?		
- Stoffe und Stoffeigenschaft (IHF 1); Chemische Reaktion (IHF 2); Verbrennung (IHF 3); Elemente und ihre Ordnung (IHF 5). - Sicheres Experimentieren; Stoffidentifizierung; Stofftrennung; Kennzeichen von chemischen Reaktionen; Atombau und Periodensystem.	S:S schlüpfen in die Rolle von Laborpraktikant:innen, um das Verschwinden des Betreuers aufzuklären.	- Digitaler (oder hybrider) Escape Room. - Teilweise verschachtelte parallele Rätselpfade: Zum Entsperren des Laptops müssen vier Codes bestimmt werden.

Die größere zeitliche Flexibilität wirkt sich auch positiv auf die Gestaltung von EEGs aus, da diese dadurch umfangreicher sowohl hinsichtlich der Fachinhaltsperspektive als auch – und

vor allem – der Spielperspektive geplant und umgesetzt werden können. Auch die (lernbezogene) Motivation der Schüler:innen kann synergetisch durch den außerschulischen Lernraum sowie durch die eingesetzten Gamification-Aspekte in EEGs gesteigert werden (u.a. Guderian, 2007; Pawek, 2009; Sailer, 2016). Die erweiterte Materialausstattung sowie der hohe Betreuungsschlüssel des außerschulischen Lernortes ermöglichen schließlich den Einsatz anspruchsvollerer, insbesondere experimenteller Rätsel im Rahmen der EEGs.

Evaluation des analogen EEGs „Chemistry Escape – Finde den Weg!"

Zur Überprüfung der angenommenen Synergieeffekte, die aus der Implementation von EEG-basierten Lernanlässen in das Schülerlabor ELKE resultieren können, werden die Labortage hinsichtlich der o.g. Gestaltungsprinzipien evaluiert. Zur Evaluation wird ein vorstrukturierter Fragebogen eingesetzt, der von den teilnehmenden Schüler:innen im Anschluss an den Labortag ausgefüllt wird. Neben geschlossenen Items zur fachinhaltlichen, gestalterischen und methodischen Umsetzung, erhalten die Schüler:innen in offenen Frageitems ebenso die Möglichkeit, ihre konkreten Erfahrungen darzulegen. Dabei wird u.a. gezielt nach dem fachlichen Lernzuwachs sowie der Interessiertheit an der Umsetzungsart sowie dem Fachinhalt gefragt. Die gewonnenen Daten werden numerisch deskriptiv bzw. mittels inhaltlich strukturierender Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) ausgewertet. Aktuell liegen N = 154 Datensätze von Schüler:innen unterschiedlicher Schulformen vor. Eine Übersicht ausgewählter Ergebnisse ist dem entsprechenden Poster (P018) zu entnehmen. An dieser Stelle soll ausschließlich eine Einordnung der Ergebnisse erfolgen: Die Evaluationsergebnisse des gewählten EEG-basierten Labortages „Chemistry Escape – Finde den Weg!" zeigen, dass die angenommenen Synergieeffekte auch in der Praxis eintreten. So gefällt den teilnehmenden Schüler:innen insbesondere die Verknüpfung aus Experimenten und Rätseln und das daraus resultierende notwendige Kombinieren von fachinhaltlichem Wissen und Problemlöseprozessen („Ermittlung von Lösungen mit Hilfe von Chemiewissen und Logik war toll" (66_22S)). Dies führt im besten Fall zu einer fachlich intensiveren Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt: „Es macht Spaß mit Hilfe von Rätseln unterschiedliche Herausforderungen zu erkunden. Ich konnte Vorwissen vertiefen und erweitern und es war cool, sich nochmal in die Materie zu vertiefen" (40_21W). Darüber hinaus wird das selbstständige Arbeiten und Experimentieren von den Schüler:innen als sehr positiv (n = 146 von 151 Schüler:innen) angesehen. Hier profitiert dieser Labortag auch von dem hohen Betreuungsschlüssel, da dieser gleichzeitig ein weitestgehend freies, individualisiertes, aber trotzdem unterstütztes und damit sicheres Arbeiten der Schüler:innen gewährleistet („Gut fand ich die Unterstützung, wenn nötig, Hilfsbereitschaft" (5_21W)). Gleichzeitig ermöglicht der hohe Betreuungsschlüssel eine intensive fachinhaltliche Nachbesprechung der Experimente, die einen Lernzuwachs bei den Schüler:innen sicherstellt („Mir haben die Erläuterungen nach den Experimenten/Erklärungen zu den Experimenten sehr geholfen" (18_21W)).

Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass die Implementation von EEG-basierten Lernsettings in klassische Schülerlabore zu Synergieeffekten führt, die auch von den teilnehmenden Schüler:innen als solche wahrgenommen werden. Insbesondere auf motivationaler Ebene sind dabei positive Effekte zu beobachten. Gleichzeitig zeigen die Evaluationsergebnisse aber auch, dass das eigenständige praktische Experimentieren weiterhin die positivste Erfahrung für die Schüler:innen beim Besuch des außerschulischen Lernortes darstellt.

Literatur

Groß, K., Prewitz, N., Belova, N., Lathwesen, C., Semmler, L., Hansel, M.-C., Strippel, C. G., Engstler, V. & Schumacher, A. (angenommen). Spiel oder Lernangebot? – Eine analytische Sicht auf den Einsatz von Educational Escape Games im Chemieunterricht. *CHEMKON*.

Groß, K. & Schumacher, A. (2018). ELKE – Eine Möglichkeit der systematischen Vernetzung eines außerschulischen Lernortes mit dem Chemieunterricht. *MNU-Journal*, *71*(6), 414–420.

Groß, K. & Schumacher, A. (2020). Chemistry Escape – Finde den Weg. *Chemie in unserer Zeit*, *54*(2), 126–130. https://doi.org/10.1002/ciuz.201900009

Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte.* https://doi.org/10.18452/15610

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.

Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. *Education Sciences*, *11*(6), 308. https://doi.org/10.3390/educsci11060308

Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. BibTeX. https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00003669

Sailer, M. (2016). *Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14309-1

Taraldsen, L. H., Haara, F. O., Lysne, M. S., Jensen, P. R. & Jenssen, E. S. (2022). A review on use of escape rooms in education – touching the void. *Education Inquiry*, *13*(2), 169–184. https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1860284

Wlotzka, P. (Hrsg.). (2021). Escape Rooms [Sonderheft]. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *32*(182). Hannover. Friedrich Verlag.

Christian Georg Strippel[1]
Katharina Groß[2]
Andrea Schumacher[2]
Niklas Prewitz[2]
Nadja Belova[3]
Luzie Semmler[4]
Marie Hansel[4]
Chantal Lathwesen[3]
Valentin Engstler[5]
Christina Toschka[1]

[1]Ruhr-Universität Bochum
[2]Universität zu Köln
[3]Universität Bremen
[4]Technische Universität Braunschweig
[5]Universität Münster

Chemistry NeErDs – Chemie-Netzwerk Educational Escape Rooms Deutschland

Einleitung

„Ihr seid in diesem Raum eingeschlossen. Findet die Hinweise und löst die Rätsel innerhalb der Zeit, um zu entkommen." So oder so ähnlich beginnen Escape Rooms. Bei Escape Rooms (ERs) bzw. Escape Games (EGs) handelt es sich um kooperative Spiele, bei denen Rätsel im Kontext eines Narrativs durch die Interaktion mit Gegenständen oder Materialien und die Kombination unterschiedlicher Informationen gelöst werden müssen, um an ein bestimmtes Ziel zu gelangen (Nicholson, 2015). Der Zusatz „Educational" steht für die Verbindung dieses Spielprinzips mit fachspezifischen Inhalten und Fähigkeiten.

Das Konzept der *Educational Escape Rooms* (EERs) hat in der jüngeren Vergangenheit ebenfalls an Popularität gewonnen (Belova, Wlotzka, & Lathwesen, 2021; Lathwesen & Belova, 2021). Vor diesem Hintergrund stellen sich Herausforderungen für konzeptionelle und empirische Forschungsvorhaben: Wie lassen sich solche Lehr-Lern-Arrangements theoretisch beschreiben? Wie ist das Verhältnis von Fachinhalten und Spiel? Wie wirken EERs auf Schüler:innen? Welche Chancen und Herausforderungen bieten sie in der Planung, Durchführung und Evaluation durch Lehrkräfte? Diesen und weiteren Fragen widmet sich das Netzwerk „Chemistry NeErDs". Dieses Symposium war und ist eine Einladung zur Diskussion über EERs und zur Beteiligung am Netzwerk.

Educational Escape Rooms und NeErDs

NeErDs (Netzwerk Educational Escape Rooms Deutschland) ist bisher ein Zusammenschluss von Chemiedidaktiker:innen verschiedener Universitäten in Deutschland, die mit viel Begeisterung EERs bzw. *Educational Escape Games* (EEGs) für die schulische und universitäre Lehre entwickeln und beforschen. EERs erfreuen sich im Bildungsbereich und somit auch im Chemieunterricht steigender Beliebtheit (Belova, Wlotzka, & Lathwesen, 2021; Lathwesen & Belova, 2021). Sie unterscheiden sich von freizeitlichen Escape Rooms dadurch, dass sie primär zum Lernen (über-)fachlicher Inhalte und Kompetenzen und nicht rein zur Unterhaltung konzipiert sind. Der Unterschied zu anderen Unterrichtskonzepten liegt darin, dass die Lernenden die Lehr- und Lernziele innerhalb des Spiels und dessen Geschichte erreichen, wobei der Kompetenzerwerb beim bzw. durch das Lösen der Rätsel erfolgt.

Theoretische Modellierung von Chemie EEGs

Um EEGs als besondere Form des (Chemie-)Unterrichts konzipieren, analysieren und erforschen zu können, bedarf es einer Modellierung der dort entstehenden

Unterrichtssituation. Im Rahmen des Netzwerks wurden unterschiedliche Modellierungsvorschläge präsentiert und diskutiert. Der aktuelle Stand beschreibt EEGs aus zwei Perspektiven: Fachinhaltsperspektive und Spielperspektive (s. Abb. 1) (Groß et al., angenommen. Aus der Spielperspektive lassen sich die Facetten Rahmenhandlung und Rätsel analog zu EGs im Freizeitbereich betrachten. Durch Hinzuziehen der Fachinhaltsperspektive wird der Fokus auf die fachlichen Inhalte und Kompetenzen gelegt, wodurch der Einsatz im Unterricht ermöglicht wird. Durch das Modell können einzelne Facetten von EEGs, insbesondere aber die Schnittmengen und Wechselwirkungen derselbigen betrachtet werden.

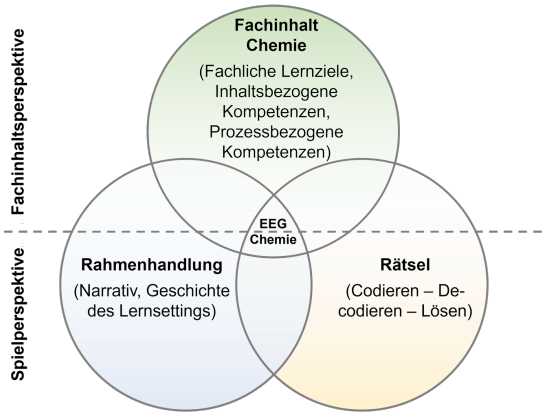


Abb. 1: Modell des Zusammenhangs zwischen den Facetten Fachinhalt, Rahmenhandlung und Rätsel der Spiel- und Fachinhaltsperspektive in EEGs (Groß et al., angenommen)

Bei der Erstellung der Rätsel durch die Lehrkraft und der Bearbeitung durch die Lernenden kommt es zu einem Wechselspiel zwischen Codierung und Decodierung (s. Abb. 2) (Groß et al., angenommen).

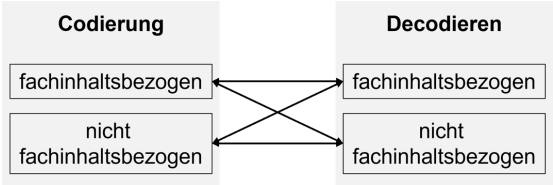


Abb. 2: Szenarien hinsichtlich der Codierung und Decodierung von Rätseln (angelehnt an Groß et al. (angenommen)

Entwicklung und Evaluation von EEGs

Für einen gewinnbringenden und zielführenden Einsatz in Lehr-/ Lernsituationen sollten EEGs – wie andere Unterrichtsformate auch – systematisch entwickelt und evaluiert werden. Hierzu wurde von NeErDs-Mitgliedern bereits ein Schema für die Entwicklung und Evaluation von EEGs vorgeschlagen (s. Abb. 3) (Semmler & Hansel, 2023). Das Schema verbindet Elemente einer klassischen Unterrichtsplanung (Bedingungsanalyse, Fachinhalt, Lernziele) mit den Besonderheiten von EEGs (Rätsel, Spieldesign, Geschichte/ Rahmenhandlung) und zeigt Entwickler:innen auch hier die Wechselwirkungen zwischen

diesen Aspekten auf. Es ist zu beachten, dass das Schema für eine systematische Entwicklung in der Regel mehrfach zyklisch durchlaufen werden muss. Ausgangspunkt ist dabei zunächst die Bedingungsanalyse gefolgt von Fachinhalten und Lernzielen. Darauf aufbauend erfolgt die Auseinandersetzung mit den Spielelementen. Die Evaluation stellt den Abschluss eines Zyklus und den Auftakt des nächsten Durchlaufs dar. Das Schema ist nicht als linearer Prozess zu verstehen; ein ständiger Wechsel zwischen den Elementen ist gewollt und teilweise auch unvermeidlich (z. B. bei der Entwicklung der Spielelemente). In der Entwicklungs- und Erprobungsphase kann es gegebenenfalls zu einer Anpassung von Fachinhalten und Lernzielen kommen, jedoch sollten diese nicht dem Spiel untergeordnet werden. In dieser Form kann das Schema sowohl für digitale als auch analoge EEGs genutzt werden.

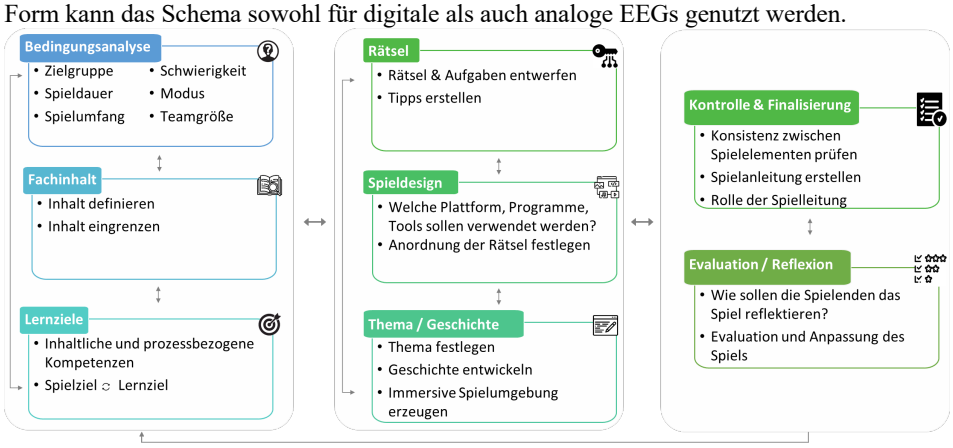


Abb. 3: Entwicklungsschema für einen EER (Semmler & Hansel, 2023, S. 7)

Beiträge im Symposium

Im Beitrag von Groß, Prewitz und Schumacher werden EEGs aus dem Schülerlabor ELKE vorgestellt mit Schwerpunkten auf die curriculare Anbindungsfähigkeit und die Analyse des EEGs „*Chemistry Escape – Finde den Weg!*“.

Der Beitrag von Engstler und Marohn fokussiert eine vollständig digitale Lernumgebung zur Spannungsreihe der Metalle und diskutiert ein erhöhtes Erfolgsgefühl durch Frustration.

Lathwesen und Belova stellen einen digitalen EER zur Grünen Chemie, entwickelt durch Aktionsforschung, mit einem Schwerpunkt auf Motivation, „Flow“ und Kollaboration vor.

Der Beitrag von Sommer et al. erörtert das Problemlösen in experimentellen EEGs für Schule und Schülerlabore unter Einbeziehung von Evaluationsergebnissen.

Ausblick

NeErDs versteht sich als offenes, lebendiges Netzwerk innerhalb der (naturwissenschafts-) didaktischen Gemeinschaft und freut sich daher über neue Mitglieder und neue Themenschwerpunkte. Aus verschiedenen Bezugsdisziplinen der Naturwissenschaftsdidaktik bestehen deutliche Verbindungen zu EEGs (z.B. Kooperationsforschung, Problemlöseforschung), die es immer wieder auf die fachdidaktische Anwendbarkeit zu prüfen gilt. Dabei ist ein stetiger Austausch zwischen Vermittlungspraxis und wissenschaftlicher Erforschung der Lernwirksamkeit von EEGs ausdrücklich erwünscht und willkommen – im Netzwerk Educational Escape Rooms Deutschland.

Literatur

Belova, N., Wlotzka, P., & Lathwesen, C. (2021). Escape Rooms – nicht nur in der Freizeit spannend: Ideen für den Einsatz von Escape Rooms im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 32(182), 2–7.

Groß, K., Prewitz, N., Belova, N., Lathwesen, C., Semmler, L., Hansel, M., Strippel, C. G., Engstler, V., & Schumacher, A. (angenommen). Spiel oder Lernangebot? Eine analytische Sicht auf den Einsatz von Educational Escape Games im Chemieunterricht. *CHEMKON*.

Lathwesen, C., & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. *Education Sciences*, 11(6), 308. https://doi.org/10.3390/educsci11060308

Nicholson, S. (2015). *Peeking Behind the Locked Door: A Survey of Escape Room Facilities*. http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf

Semmler, L., & Hansel, M. (2023). *Leitfaden zur Entwicklung digitaler Escape Games für die (Hochschul-) Lehre*. https://www.twillo.de/edu-sharing/components/render/b2068394-eba1-41b3-9481-805325863450

Valentin Engstler[1]
Annette Marohn[1]

[1]Universität Münster

chemical[esc]ape
Ein VR-basierter Escape Room zur Elektrochemie

Theoretischer Hintergrund

Educational Escape Games (EEG, Definition siehe Beitrag in diesem Tagungsband von Strippel et al.) werden im Bildungsbereich verschiedene Potentiale zugeschrieben. Der größte Vorteil dieses Typs von Game-Based-Learning (GBL) sind affektive Effekte. Spielende erleben einen autonomen und immersiven Lernprozess, in manchen Fällen eine Art Flow-Zustand, durch den die Lernenden Spaß und Motivation empfinden (Fotaris & Mastoras, 2020, Makri, Vlachopolous & Martina, 2021). Auf kognitiver Ebene eignen sich EEGs zum Wissenserwerb (Makri et al., 2021) sowie zur Förderung von Problemlösefähigkeiten (u.a. Veldkamp et al., 2020). Escape Rooms werden aber auch Potentiale in sozialen Fähigkeiten wie Kollaboration, Kommunikation und Führungsfähigkeiten zugeschrieben (u.a. Fotaris & Mastoras, 2020).

Gleichzeitig bestehen jedoch noch viele Forschungslücken bzgl. der Wirksamkeit von EEGs. Bisher fehlt die Datenlage für aussagekräftige Schlussfolgerungen darüber, ob durch EEGs ein tieferes Verständnis und Transfervermögen vermittelt werden kann (Makri et al., 2021, Veldkamp et al. 2020). Zusätzlich gibt es zu wenige Studien, die eine fachdidaktische Perspektive einnehmen (Lathwesen & Belova, 2021). Daraus leiten sich zwei zentrale Forderungen ab: Zum einen sollen EEGs Lernziele aus allen Kompetenzbereichen abfragen (Veldkamp et al. 2020). Zum anderen wird ein professionelles Game-Design für Escape Rooms gefordert (Hu et al., 2022), damit neu entwickelte Spiele dem Anspruch der Immersion gerecht werden können.

Das Escape Game *chemical[esc]ape*

Dieser Forschungsstand dient als Grundlage des Entwicklungsprojekts *chemical[esc]ape – Mit Spannung entkommen!*. Das professionelle Game-Design wurde auf Basis des Vorbilds kommerzieller Escape Rooms mithilfe eines Entwickler-Teams für Game-Based-Learning (*cubidoo Entertainment*) umgesetzt. Daraus ergibt sich ein authentischer Escape Room mit typischen Spielelementen wie dem Einsammeln von Gegenständen, dem Finden eines Schlüssels, dem Finden und Knacken eines gesperrten Tablets sowie dem Lösen elektrochemischer Rätsel. Diese Rätsel sind in einer linearen Struktur organisiert und sollen mithilfe eines Belohnungssystems dazu anleiten, hypothesengeleitet zu arbeiten. Somit wird eine Forderung aus der Forschung bedient, die fachdidaktische Perspektive einzunehmen.

Das Spiel *chemical[esc]ape* wurde vollständig digital entwickelt, um die Vorteile digitaler Medien auszunutzen. Es ist über einen Internet-Browser auf Tablets spielbar und sorgt somit für eine einfache und barrierearme Spielbarkeit. Eine intuitive Bedienbarkeit und ein kurzes Intro mit Tutorial führen zunächst in das Spiel ein. Die Ego-Perspektive in einer 360°-Umgebung soll den Spielenden das Gefühl geben, selbst im Raum eingesperrt zu sein und so die Immersion fördern. Die digitale Umsetzung ermöglicht außerdem ein unmittelbares Feedback zu den Handlungen der Lernenden. Ein eingepflegtes, mehrstufiges Hilfesystem

unterstützt die Lernenden, wenn sie es für nötig halten. So werden die Spielenden nicht im Spielfluss unterbrochen. Ein Video mit Ausschnitten aus dem Spiel ist über den QR-Code verfügbar.
Inhaltlich fokussiert das Spiel die Entdeckung der Spannungsreihe der Metalle. Der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung wird dadurch angesprochen, dass Hypothesen zunächst selbst aufgestellt und anschließend passgenau überprüft werden sollen. Im letzten, entscheidenden Rätsel liegt das hypothesengeleitete Arbeiten bspw. in der Vorhersage über die Spannung zweier Halbzellen, die nicht im Vorfeld gemessen wurde, aber aus der Spannungsreihe der Metalle ableitbar ist. Diese Lernziele orientieren sich an den Vorgaben der Bildungsstandards für die gymnasiale Oberstufe des Fachs Chemie (KMK, 2020). Der Escape Rooms *chemical[esc]ape* ist somit in den Unterricht integrierbar.

Einblick in Forschungsergebnisse
In einer ersten Erhebung wurde die Logik des Spiels überprüft. Eine zweite Erhebung verfolgte das Ziel, das Spielerlebnis zu optimieren. Dazu wurden 36 Schüler*innen der Jahrgangsstufe 11 aus einem Leistungs- und einem Grundkurs des Faches Chemie beim Spielen videographiert. Zusätzlich wurde eine schriftliche Befragung mit offenen und geschlossenen Items durchgeführt. Letztere wurden in Form einer vier-stufigen Likert-Skala beantwortet.
Im Folgenden werden beispielhaft Ergebnisse des Fragebogens vorgestellt. Der Fokus liegt auf dem generellen Spielerlebnis, dem Autonomie-Erleben sowie auf Verbesserungspotentialen aus Sicht der Lernenden. Bei den Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass das Tutorial und das entwickelte Hilfesystem zum Zeitpunkt der Erprobung aus technischen Gründen noch nicht integriert war.

Generelles Spielerlebnis
33 von 36 Lernenden gaben an, dass sich das Spiel wie ein Escape Room angefühlt hat. Das Gefühl, einen Escape Room zu spielen bzw. sich nicht im Chemieunterricht zu befinden, begründeten die Lernenden überwiegend damit, dass „Aufgaben/Rätsel“ zu lösen waren (n = 23), sie „im Raum gefangen“ waren bzw. „aus dem Raum entkommen“ sollten (n = 14) und „Hinweise und Gegenstände gesucht/gefunden“ werden müssen (n = 9). Alle Lernenden gaben an, Spaß zu haben (MW = 3,43), und würden gern noch ein ähnliches Spiel spielen (MW = 2,97).

Autonomieerlebnis
In der Begründung zur Aussage, dass sich das Spiel nicht wie Chemieunterricht angefühlt habe, stellten vier Lernende ihr Autonomieerlebnis während des Spielens heraus. Es wurde betont, dass „man eigenständig Ergebnisse erarbeiten musste und dazu einen eigenen Weg entwickeln muss“. Eine weitere Person gab an, dass sie „die benötigten Dinge suchen musste, [ihren] eigenen Weg hinausfinden und Rätsel lösen musste“. Im Unterricht sei „der Weg oftmals vorgegeben“. Zudem gefiel einer anderen Person, dass „es keinen[/keine] Lehrer*in gab, diese*r dir sagte, was man machen soll […] und man konnte alles selber rausfinden. Dies ist im Chemieunterricht häufig nicht der Fall.“ Es sei „kein Unterricht[,] wo man viele Informationen zugeworfen bekommt, sondern selber auf den Lösungsweg kommen muss.“

Aussagen zu Spaß und Frustration

Eine Person meinte, „[e]s war oft sehr frustrierend“. Trotzdem hätten die „Herausforderung & Aufgaben [ihr gut gefallen], obwohl sie schwierig waren zu lösen.“ Eine weitere Person hätte sich „mehr Tipps [gewünscht], wenn man verzweifelt ist“. Demgegenüber hat ihr gut gefallen, „[d]ass es spannend war und man am Ende ein Erfolgserlebnis hatte.“ Beide Lernenden stimmten der Aussage zu, zu oft frustriert gewesen zu sein. Eine andere Person gab an, dass sie „durch den Spaß die Motivation beim Lernen gefunden“ habe, obwohl die Rätsel „teilweise knifflig waren“. Alle drei Personen stimmten der Aussage zu, beim Spielen Spaß zu haben und noch ein ähnliches Spiel spielen zu wollen.

Verbesserungspotentiale

Alle Teilnehmenden beschrieben stellenweise Frustrationserlebnisse (MW = 3,23). 15 Personen fehlte ein Hilfesystem bei inhaltlichen Schwierigkeiten; neun Lernende nannten einen unklaren Arbeitsauftrag als Kritikpunkt. Die Steuerung wurde eher weniger gut verstanden (MW = 2,31) und nicht als intuitiv bewertet (MW = 2,50). Dies wurde auch in den offenen Items bemängelt.

Diskussion

Die Teilnehmenden nahmen das Spiel *chemical[esc]ape* als Escape Room wahr und identifizieren entscheidende Charakteristika eines Escape Games. Sie beschrieben das Spiel als motivierend und spannend und gaben mehrheitlich an, das Spielen habe ihnen Spaß bereitet. Vier Lernende beschrieben in den freien Antworten ein Autonomie-Erleben, ohne dass dieses Merkmal in den Items explizit abgefragt wurde. Dies bietet Anlass für eine Erweiterung des Untersuchungsdesigns in den kommenden Erhebungen.

Interessant sind die gleichzeitig hohen Werte von Spaß (MW = 3,43) und Frustration (MW = 3,23). Einerseits könnte sich dieses Phänomen in einer ausgewogenen Balance zwischen fachlichem Anspruch und Lernerfolgen begründen. Diese Interpretation wird durch die Theorie gestärkt, dass ein Erfolgserlebnis umso höher ausfällt, je schwieriger das Spiel ist. In Einzelfällen könnte der Spielspaß sogar gerade deswegen als hoch empfunden werden, weil die Bewältigung einer hohen inhaltlichen Hürde ein hohes Erfolgserlebnis darstellt.

Andererseits wurden in einer Vielzahl die Steuerung (n = 14) und ein fehlendes Hilfesystem (n = 15) bemängelt. Mit Blick auf die Videodaten ist davon auszugehen, dass diese beiden Aspekte einen großen Einfluss auf die hohe Frustration hatten.

Ausblick

In einer dritten Erhebung wurde unter anderem untersucht, welchen Einfluss ein Hilfesystem, eine verbesserte Steuerung und ein Belohnungssystem auf Spaß und Frustration haben.

Ein erster Blick auf die Fragebögen zeigt weiterhin hohe Werte für Spaß (MW = 3,23), jedoch deutlich geringere Werte hinsichtlich der Frustration (MW = 2,05). In einer eingehenden Betrachtung soll die Wirkung dieser Designelemente erörtert und mögliche Zusammenhänge herausgestellt werden. Außerdem wird der Blick auf einen fachlichen sowie fachdidaktischen Lernzuwachs erweitert.

Literatur

Fotaris, P. & Mastoras, T. (2020). Escape Rooms for Learning: A Systematic Review. In L. Elbaek, G. Majgaard, A. Valente & S. Khalid (Hrsg.), 13th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2019): Odense, Denmark, 3-4 October 2019, 235–243, Curran Associates Inc.

Hu, Y., Gallagher, T., Wouters, P., van der Schaaf, M. & Kester, L. (2022). Game-based learning has good chemistry with chemistry education: A three-level meta-analysis. Journal of Research in Science Teaching, Artikel tea.21765. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.1002/tea.21765

Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. Education Sciences, 11 (6), Artikel 308

Makri, A., Vlachopoulos, D. & Martina, R. A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13 (8), 4587

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; Humboldt-Universität zu Berlin. (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 (1. Auflage). Carl Link Verlag

Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M.-C. P. & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. Educational Research Review, 31, 100364

Chantal Lathwesen[1] [1]Universität Bremen
Nadja Belova[1]

Eine digitale Weltraummission im Escape-Room-Format durch die Grüne Chemie

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Sowohl im Unterhaltungs- als auch im Bildungsbereich sind Escape Rooms in den letzten Jahren immer beliebter geworden und es erschienen unterschiedliche Spielformate (Fotaris & Mastoras, 2019). In einem Escape Room lösen die Spielenden kollaborativ verschiedene Rätsel, um möglichst schnell aus einem Raum zu entkommen oder ein anderes Spielziel zu erreichen, z. B. das Entschärfen einer (spielerischen) Bombe (Nicholson, 2015; Lathwesen & Belova, 2021). Hierbei stellen die Rätsel eine zentrale Herausforderung dar, da die Teilnehmenden zunächst mithilfe der Hinweise herausfinden müssen, was überhaupt zu tun ist. Im schulischen Kontext wird das Spielkonzept u.a. an die zeitlichen und räumlichen Bedingungen angepasst und zum Wissenserwerb/-wiederholung und Förderung fächerübergreifender Kompetenzen genutzt, wobei Lernende durch den spielerischen Charakter motiviert und aktiviert werden sollen (siehe z. B. Fotaris & Mastoras, 2019). Die Lehrkraft übernimmt die Funktion des Gamemasters. Sie führt die Lernenden in das Spielgeschehen hinein und wieder heraus, achtet auf die Einhaltung der Regeln und gibt im Bedarf Hilfestellungen, ohne den Flow-Zustand der Schüler:innen zu unterbrechen. In diesem sog. Flow-Zustand verlieren die Lernenden das Zeitgefühl und können Herausforderungen leichter bewältigen (Csikszentmihalyi, 1990). Damit dieser Grad der Immersion erreicht wird, sollten die Rätsel, Hinweise und die Hintergrundgeschichte aufeinander abgestimmt sein und ein adäquates Schwierigkeitsniveau haben. Für den schulischen Kotext eignet sich ein Escape Room mit einer linearen Progression, d.h., ein Rätsel führt zum nächsten. Durch den Aufbau des Spielkonzepts erhalten die Lernenden zudem nach der vermeintlichen Lösung des Rätsels eine direkte Rückmeldung. Bei der richtigen Lösung öffnet sich ein Schloss o.ä., wodurch sie eine Belohnung erhalten und im Spielgeschehen voranschreiten. Ist dies nicht der Fall, können sie das Schloss nicht öffnen und müssen einen neuen Lösungsansatz mithilfe der Rätselbestandteile und Hinweise finden. Am Ende des Escape Games sollte eine durch die Lehrkraft moderiete Nachbesprechung stattfinden. Diese ist für das Lernen wichtig, um die Verknüpfung von Fachinhalt und Rätsel zu festigen, Strategien zu be- und Schwierigkeiten anzusprechen (Looking@Learning, 2015).

Die Anzahl von Escape Rooms mit einem interdisziplinären Bezug oder Nachhaltigkeits-schwerpunkt ist gering (Lathwesen & Belova, 2021). Durch die Digitalisierung eröffnen sich außerdem neue Möglichkeiten zur Gestaltung, wodurch die Vorbereitungszeit sinkt und der digitale Raum stärker miteinbezogen werden kann (Makri, Vlachopulos & Martina, 2021). Daher wird nachfolgend ein digitaler Escape Room zu ausgewählten Prinzipien der grünen Chemie vorgestellt.

Beschreibung des Green Chemistry Escape Rooms

Der Green Chemistry Escape Room ist über Tablets oder Laptops spielbar und besteht aus interaktiven, visuell ansprechenden Point-und-Click-Oberflächen mit einer Navigationsleiste und integrierten dreistufigen Hilfetipps zu jedem Rätsel. Er wurde mit den kostenlosen und betriebsunabhängigen Webapplikationen Genial.ly, Lockee und S’cape entwickelt, die DSGVO-konform sind. Bei dem Escape Room sind die Lernenden auf einer digitalen Weltraummission, und zwar als „VIS“, die künstliche Intelligenz, die Kontrolle an Bord

übernimmt. Um zurück zur Erde zu gelangen, müssen die Lernenden bis zu 16 Rätsel von VIS lösen. Dabei lernen sie einige Prinzipien der grünen Chemie kennen, z. B. nachwachsende Rohstoffe und Energieeffizienz. Der Green Chemistry Escape Room besteht aus sechs Räumen, die zwischen zwei bis vier Rätsel umfassen, einzeln gespielt werden können und 30 bis 50 min dauern (Abb. 1). Werden alle Räume gespielt, sollte die Klasse in Kleingruppen von zwei bis fünf Personen eingeteilt werden. Jeder Kleingruppe wird ein Raum zugeteilt,

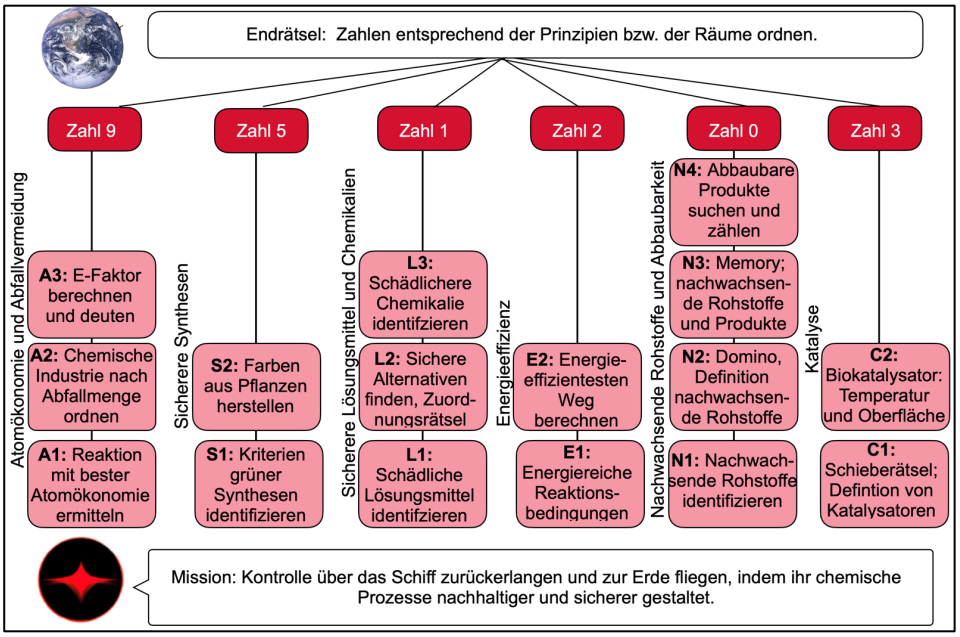


Abb. 1 Aufbau und Überblick über den Green Chemistry Escape Room

dessen Rätsel sie lösen muss, um eine der finalen Codezahlen zu erhalten. Zum Erreichen des Spielziels muss die Klasse kollaborativ die Codezahlen im finalen Metarätsel in die richtige Reihenfolge bringen. Alternativ können auch nur einzelne Räume gespielt werden, wobei hier die Kleingruppen gegeneinander antreten und das finale Rätsel angepasst werden muss. Durch den multi-linearen Aufbau des Escape Rooms kann der Escape Room an jede Kursgröße angepasst werden, indem einige Räume weggelassen oder doppelt besetzt werden. Es wurden mehrere Rätsel- und Hinweistypen entwickelt, um verschiedene Lernstile, Interessen und Kompetenzen der Lernenden miteinzubeziehen. Dabei wurden u.a. Memorys (N3), Dominos (N2), Wahr-oder-Falsch-Formate (K1, L3), Legepuzzle (A2), Zuordnungsrätsel (N4), kognitive oder Logikrätsel (L1), Mustererkennung (S1) und Rätsel mit mathematischen (A1, A3), animierten (N1) oder beweglichen Komponenten (E1, L2) verwendet. Da der Escape Room ohne zusätzliche Materialien auskommen soll, werden experimentelle Rätsel (S2, E2, K2) hier lediglich kognitiv über Experimentiervideos gelöst. Sie können aber nach Ermessen der Lehrkraft stattdessen praktisch durchgeführt werden. Digital eingebettete Geschichtsbestandteile und Schlösser ermöglichen direktes Feedback und führen die Lernenden durch das Spiel-/Lerngeschehen. Der Escape Room kann ab Klasse 10 eingesetzt werden.

Methodik und erste Ergebnisse

Der durch partizipative Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002) entwickelte Green Chemistry Escape Room wurde zunächst mit 12 Studierenden pilotiert, um technische Probleme zu ermitteln und die Funktionalität der Rätsel zu überprüfen. Im Anschluss erfolgte die erste schulische Erprobung mit 13 Lernenden der Einführungsphase. Hierfür wurde ein Fragebogen in Anlehnung an KIM (2009) mit 5 offenen Fragen und 24 vierstufige Likert-Items konzipiert. Forschungsschwerpunkte hierbei waren Motivation, Kollaboration und Lerneffekt. Die erste schulische Erprobung weist darauf hin, dass der Escape Room bereits ab Klasse 10 eingesetzt werden könnte und die Lernenden einen spielerischen Einblick in die Prinzipien der grünen Chemie erlangen. Rund 70 % der Lernenden sind nach dem Escape Room in der Lage, die Prinzipien sowie Beispiele zu nennen und zu erläutern. Ca. 90 % der Schüler:innen fanden den Escape Room interessant und fühlten sich in der Lage, diesen mit einer für sie befriedigenden Leistung zu lösen. Das Schwierigkeitsniveau haben dreiviertel der Lerngruppe als angemessen eingeschätzt, allerdings könnte das Schwierigkeitsniveau zwischen den Rätseln etwas „ausbalancierter“ sein. Dies spiegelt sich auch in dem Items zum Druck bzw. zur Anspannung wider. Nur ungefähr 30 % der Schüler:innen stimmten zu/stimmten überwiegend zu, dass sie Druck oder Anspannung im Escape Room empfanden, was sich negativ auf den Spielfluss und die Motivation auswirken kann. Im Zuge dessen wurden Joker integriert, auf die die Lernenden zurückgreifen können, um selbstbestimmt individuelle Hilfe von der Lehrkraft zu erhalten. Zudem sind rund 85 % der Meinung, dass ihre Kollaboration durch den Escape Room gefördert wurde. Sowohl bei den offenen Antworten als auch bei dem Items ließ sich bei nahezu allen Lernenden (97 %) eine positive Haltung gegenüber dem Spielkonzept feststellen. Allerdings präferiert der Großteil der Schüler:innen einen analogen Escape Room, da dort haptische Rätsel eingebaut werden können und die Lernenden im physischen Raum agieren können (z. B. suchen von Rätseln/Hinweisen).

Fazit und Ausblick

Escape Rooms können als aktivierende, motivierende Unterrichtsmethode genutzt werden, um Fachwissen zu wiederholen oder auch zu erlernen. Dabei lassen sich zusätzlich fächerübergreifende Fähigkeiten fördern, z. B. Kollaboration. Erste Erprobungen wiesen zudem auf ein motivationales Potential hin, welches in den schulischen Erprobungen neben Kollaboration und Lerneffekt untersucht wird. Aktuell erfolgen schulische Erprobungen in den Klassen 10-12.

Literatur

Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience. New York, NY: Harper Perennial.

Eilks, 1., & Ralle B. (2002). Participatory Action Research in chemical education. In B. Ralle & I. Eilks (Eds.), Research in chemical education - What does it mean?. Aachen: Shaker, 87-98

Fotaris, P. & Mastoras, T. (2019). Escape rooms for learning: A systematic review. In L. Elbæk, G. Majgaard, A. Valente & M. S. Khalid (Eds.), Proceedings of the 13th International Conference on Game Based Learning. Odense: ECGBL, 235–243

Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape rooms in STEM teaching and learning - Prospective field or declining trend? A literature review. Education Sciences, 11(6), 308

Looking@Learning (2015). EDUESC@PEROOM: Manual report for educators. https://drive.google.com/file/d/0B23HzLyhtRAMUGtYQmJtMWM1UVk/view (Zugriff am 30.10.2023).

Makri, A., Vlachopoulos, D., & Martina, R. A. (2021). Digital escape rooms as innovative pedagogical tools in education: A systematic literature review. Sustainability, 13 (8), 4587

Nicholson, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities, white paper. http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf (Zugriff am 30.10.2023)

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 31-45

Katrin Sommer[1]
Christina Toschka[1,2]
Thomas Philipp Schröder[3]
Christian Georg Strippel[1]

[1]Ruhr-Universität Bochum
[2]Städtisches Gymnasium Gevelsberg
[3]Ruhr-Gymnasium Witten

Experimentelle Educational Escape Rooms in Schülerlabor und Schule

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

In *Educational Escape Games* (EEG) befinden sich die Lernenden gemeinsam in einer durch eine Rahmenhandlung vorgegebenen, unbefriedigenden Situation und bearbeiten als Rätsel codierte, fachliche Probleme, um zur Lösung zu gelangen (s. Abb. 1) (Belova, Wlotzka, & Lathwesen, 2021, Groß et al., angenommen, Lathwesen & Belova, 2021). In experimentellen EEGs sind Experimente als Rätsel von der Lehrkraft codiert. Eine besondere Variante sind EEGs mit einem finalen, experimentellen Rätsel in einer *Escape Box* (s. Abb. 2), um die Aufmerksamkeit der Schüler:innen zu fokussieren (Strippel, Schröder, & Sommer, 2022). Diese arbeiten kooperativ an der Lösung dieses Rätsels – idealerweise im Sinne eines strukturierten Problemlöseprozesses (s. Tab. 1) (Scherer, 2018).

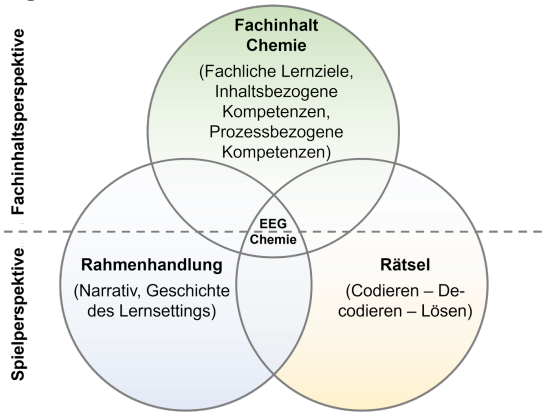


Abb. 1: Modell des Zusammenhangs zwischen den Facetten Fachinhalt, Rahmenhandlung und Rätsel der Spiel- und Fachinhaltsperspektive in EEGs nach Groß et al. (angenommen).

Tab. 1: Problemlöseprozess im EEG (angelehnt an Scherer (2018))

Allgemein	**Im experimentellen EEG**
Verstehen und Charakterisieren des Problems	Decodierung des Rätsels (Umformulierung als fachliche Aufgabe)
Formulieren und Repräsentieren des Problems	z.B. Reaktionsgleichungen, experimentelle Aufbauten
Lösen des Problems	Individuelles Durchführen von Laborexperimenten, Vergleich von Ergebnissen, Einigung auf Variante zur Öffnung der *Escape Box*
Reflektieren und Kommunizieren der Problemlösung	Diskussion des Decodierungsprozesses, möglicher Alternativen, Ableiten von Strategien zur Lösung zukünftiger Probleme

Beispiele für experimentelle EEGs mit Escape Box

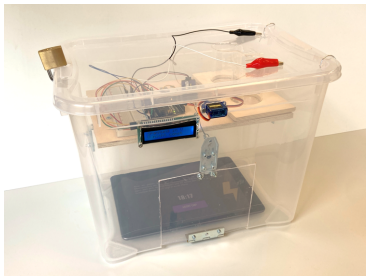


Abb. 2: Escape Box in der Variante „Voltmeter“

Zentral für experimentelle EEGs ist die Einbettung von Experimenten in die Rahmenhandlung des EEG. Idealerweise handelt es sich hierbei um Schüler:innenexperimente, die in Kleingruppen durchgeführt werden können. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es aus Spielperspektive besonders spannend ist, wenn EEGs im Chemieunterricht auch durch experimentelle Handlungen beendet werden. Hierzu wurde die *Escape Box* als fokussierendes Unterrichtsmedium entwickelt (s. Abb. 2) (Strippel, Schröder, & Sommer, 2022). Dabei wird die *Escape Box* dazu genutzt, separat handelnde Kleingruppen wieder auf einen Punkt der Rahmenhandlung und damit auf einen fachinhaltlichen Fortschritt zu fokussieren. Je nach Einsatzort (Schule/ Schülerlabor) eröffnen sich so Optionen für den Abschluss (Schule) oder die Erhöhung der Komplexität (Schülerlabor) des EEGs (s. Tab. 2).

Tab. 2: Beispiel für experimentelle Escapes mit Escape Box in Schule und Schülerlabor

	Schule: „Ötzi Escape“ (Strippel, Schröder, & Toschka, 2023b)	**Schülerlabor: „Electric Escape“ (Strippel, Schröder, & Toschka, 2022)**
Rahmen-handlung	Diebstahl des Ötzibeils aus einer Ausstellung, „Lösegeld“-Forderung	Terrorist:innen drohen mit der Abschaltung des Stroms
Fachinhalt Chemie	Metallgewinnung, Nachweisreaktionen, thermische Analyse	Elektrochemie (EMK, galvanische Elemente, „Zitronenbatterie“, Elektrolyse, Redoxreihe)
Rätsel: Vorberei-tende Probleme	**Linear:** Identifikation von Kohlenstoffdioxid als ein Reaktionsprodukt bei der thermischen Analyse von Kupfercarbonat	**Multilinear:** Ermittlung der realen Spannung eines $Fe\|Fe^{2+}\|\|Cu^{2+}\|Cu$-Elements, Ermittlung der geeigneten sauren Lösung für eine leistungsstarke „Zitronenbatterie“, Durchführung der quantitativen Elektrolyse von Zinkiodid
Rätsel: Finales Problem	Thermische Analyse von basischem Kupfercarbonat zur Gewinnung von Kupferoxid	Entwicklung eines Codes auf Grundlage der Redoxreihe der Metalle
Escape Box	„Waage“	„Voltmeter“, „Waage“, „Modellauto“, „Code“

Im vorgestellten Beispiel für die Schule ermöglicht die Escape Box den Schüler:innen den gemeinsamen Abschluss eines linearen Vorgehens im EEG innerhalb einer Unterrichtseinheit (reine Spielzeit: 55 min) (Strippel, Schröder, & Toschka, 2023b). Die Schüler:innen bearbeiten in Kleingruppen die gleichen Rätsel. Als finales Problem führen sie in ihrer Kleingruppe die Thermolyse von Kupfercarbonat zu Kupferoxid durch. Indem die Schüler:innen die Produkte aus ihren Einzelexperimenten auf die Waage in der *Escape Box* legen, lässt sich das EEG beenden. Nur wenn alle Schüler:innen die Experimente durchgeführt haben, ist ausreichend Produkt vorhanden. Dadurch wird sichergestellt, dass das Handeln aller Schüler:innen im EEG relevant ist.
Im Schülerlabor wird durch die *Escape Boxen* ein multilineares Vorgehen strukturiert (Strippel, Schröder, & Toschka, 2022). Hier stehen mehr Zeit und umfangreicher ausgestattete Räumlichkeiten zur Verfügung (reine Spielzeit: 3 Stunden). Die Boxen stellen jeweils Endpunkte dreier linearer Pfade dar. Die Schüler:innen müssen dies erkennen und dann arbeitsteilig die drei Pfade beschreiten, um innerhalb der Zeit zum Ziel zu kommen. Eine vierte *Escape Box* kann nur gelöst werden, wenn Belohnungen aus den drei anderen *Escape Boxen* kombiniert werden. Werden die einzelnen Pfade voneinander getrennt, können diese wieder als Schulstunden genutzt werden (Strippel, Schröder, & Toschka, 2023a).

Bisherige Erfahrungen
Bisher konnten Erfahrungen bei der Durchführung experimenteller EEGs mit *Escape Box* von unterschiedlichen Gruppen durch teilnehmende Beobachtung und Evaluation im Rahmen von Schülerlaborprojekten, universitären Lehrveranstaltungen, Regelunterricht und Lehrkräftefortbildungen gesammelt werden. Der bisherige Eindruck von Schüler:innen ist, dass sie grundsätzlich durch das Ziel, die Box zu öffnen, motiviert werden. Sie entscheiden sich am Ende für eine gemeinsame Lösung der *Escape Box*. Allerdings gehen sie häufig nicht systematisch bei der Problemlösung vor. Außerdem unterscheiden sie sich in ihrer Bereitschaft zur Kooperation über ihre Kleingruppe hinaus. Lehrkräfte und Lehramtsstudierende sind motiviert, diese Art des Unterrichts zu planen. Sie fühlen sich im positiven Sinne herausgefordert, geeignete Fachinhalte für Probleme zu identifizieren und als Rätsel zu codieren. Sie betrachten es durchaus als Schwierigkeit, eine Balance zwischen Spielgeschichte und inhaltlicher Progression zu gestalten.

Forschungsperspektiven
Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen lassen sich zu den beiden Zielgruppen für die Auseinandersetzung mit EEGs (Lernende, Lehrende) unterschiedliche Forschungsperspektiven entwickeln. Für Schüler:innen werden die Lernwirkungen – insbesondere auch im Vergleich mit traditionellem Unterricht – in den Blick gerückt. Inwiefern ähnelt oder unterscheidet sich die fachliche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, …) und überfachliche (Problemlösen, Kooperation, …) Kompetenzentwicklung in chemischen EEGs?
Bei den (angehenden) Lehrkräften scheint bei der Planung von EEGs das Denken von den Schüler:innen aus besonders wichtig. Die Lehrkräfte setzen sich stark damit auseinander, wie sie den Schüler:innen das Wechselspiel zwischen codiertem Rätsel und decodiertem Fachinhalt ermöglichen können. Hier wäre es von Interesse zu untersuchen, inwiefern die Auseinandersetzung mit EEGs zu einer Veränderung in der Einstellung zu und der Anwendung von schülerzentrierten Unterrichtselementen sowohl im EEG als auch in nach anderen Unterrichtskonzepten geplantem Unterricht beiträgt.

Literatur

Belova, N., Wlotzka, P., & Lathwesen, C. (2021). Escape Rooms – nicht nur in der Freizeit spannend: Ideen für den Einsatz von Escape Rooms im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 32(182), 2–7.

Groß, K., Prewitz, N., Belova, N., Lathwesen, C., Semmler, L., Hansel, M., Strippel, C. G., Engstler, V., & Schumacher, A. (angenommen). Spiel oder Lernangebot? Eine analytische Sicht auf den Einsatz von Educational Escape Games im Chemieunterricht. *Chemkon*.

Lathwesen, C., & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. *Education Sciences*, 11(6), 308. https://doi.org/10.3390/educsci11060308

Scherer, R. (2018). Problemlösen. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (1. Aufl., S. 207–216). Seelze: Friedrich Aulis.

Strippel, C. G., Schröder, T. P., & Sommer, K. (2022). Experimentelle Escape Box. *Chemie in Unserer Zeit*, 56(1), 50–56. https://doi.org/10.1002/ciuz.202000013

Strippel, C. G., Schröder, T. P., & Toschka, C. (2022). *Electric Escape*. https://www.youtube.com/live/8lJEqwgOn3A?si=FjzTxrl3LPE8fM6Q

Strippel, C. G., Schröder, T. P., & Toschka, C. (2023a). Electric Escape: Besondere Unterrichtsstunde und Potential für Projekte. In C. Bohrmann-Linde, Y. Gökkuş, R. Kremer, & D. Zeller (Hrsg.), *Netzwerk Digitalisierter Chemieunterricht: Sammelband NeDiChe-Treff 2022*.

Strippel, C. G., Schröder, T. P., & Toschka, C. (2023b, April 14). *Ötzi Escape: Ein Escape Room für den Experimentalunterricht*. Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. Europäischer Chemielehrer*innenkongress, Krems an der Donau.

Maria Hinkelmann[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Labs on Tour – ein Konzept zur MINT-Interessenförderung

Einführung

Die MINT-Fächer Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (kurz MINT) spielen eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der zunehmend digitalen und nachhaltigen Zukunft unserer Gesellschaft. Gleichzeitig gehören diese Fächer in der Schule gerade für Kinder und Jugendliche zwischen 10 und 16 Jahren häufig zu den zunehmend unbeliebten Fächern. Während das Fachinteresse an allen Schulfächern im Verlauf der Schulzeit kontinuierlich abnimmt (vgl. Hoffmann et al., 1986), ist dieser Abfall besonders stark in den Fächern Physik und Chemie zu beobachten (vgl. Hoffmann et al., 1998). Ein Weg des Umgangs mit dieser Beobachtung ist, Kindern und Jugendlichen auch im außerschulischen Bereich Zugänge zu MINT-Themen zu eröffnen, um damit ergänzend zum Unterricht ein möglichst umfassendes Verständnis für Inhalte der MINT-Disziplinen zu vermitteln.
In diesem Sinne wird aktuell im Rahmen eines MINT-Aktionsplans des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Förderprogramm „Regionale Cluster für MINT-Bildung für Jugendliche“ der Ausbau von Bildungsangeboten für Kindern und Jugendliche zwischen 10 und 16 Jahren im außerschulischen Bereich unterstützt (vgl. BMBF). Insbesondere sollen hier mit geeigneten Nachmittagsangeboten außerhalb des Unterrichts Kinder und Jugendliche nachhaltig für MINT-Fächer begeistert und damit auch zukünftige MINT-Fachkräfte gefördert werden. In dieses Programm ist auch das Projekt Labs on Tour einzuordnen (vgl. Hinkelmann et al, 2023), das Teil des regionalen MINT-Clusters MINTplus in der Städteregion Aachen ist und dessen Grundzüge nachfolgend kompakt zusammengefasst werden.

Projektidee

Gemäß der obigen Einführung ist es Ziel des Projekts Labs on Tour, MINT-Angebote in den Nachmittags- und Freizeitbereich von Kindern und Jugendlichen zwischen 10 und 16 Jahren zu bringen. Dazu werden die existierenden Materialien der verschiedenen Schülerlabore der RWTH Aachen University daraufhin gesichtet, ob diese auch für mobile Angebote in Schulen der StädteRegion Aachen geeignet sind. Dort werden Inhalte der Schülerlabor-Angebote in jeweils vierwöchigen Kursen mit 90-minütigen Einheiten in extra dafür angelegten MINT-AGs umgesetzt. Die Angebote eines Schülerlabors bilden ein sogenanntes Modul. In einer MINT-AG folgen mehrere Module aufeinander, deren Teilnehmer:innen damit eine breite Vielfalt von MINT-Themen kennenlernen. Der Fokus der Module liegt dabei nicht vorrangig auf dem Erwerb von Wissen, sondern vor allem darauf die Schüler:innen für MINT-Themen zu begeistern, Freude an Naturwissenschaften zu vermitteln und dabei Hemmschwellen abzubauen, um so ihr Interesse an den behandelten MINT-Themenbereichen, aber auch den entsprechenden Unterrichtsfächern zu fördern.
Vor dem Hintergrund der angestrebten Interessenförderung werden bei der Gestaltung der Module auch partizipative Ansätze verfolgt, indem die Ergebnisse von Fragebogenerhebungen und Gruppendiskussionen von teilnehmenden Schüler:innen in die Weiterentwicklung der Angebote einfließen (vgl. Hinkelmann et al, 2023).

Umsetzung in MINT-AGs

Wie beschrieben, wurden für die Durchführung der Kurse in den Schulen neue MINT-AGs angelegt, in denen verschiedene Kurse aus unterschiedlichen Schülerlaboren aufeinanderfolgend angeboten werden. Dadurch gewinnen die Schüler:innen einen vielseitigen Einblick in verschiedene MINT-bezogene Inhalte und Themenbereiche und können sich bei der Beschäftigung mit diversen Themen ausprobieren. Auch Schüler:innen, die aus Interesse an nur einem bestimmten Fach in die AG gehen, können so über ihre bestehenden Vorlieben hinaus auch neue Interessen entdecken. Die Kurslaufzeit von jeweils vier Terminen bietet einen guten Kompromiss, da die Schüler:innen sich einerseits tiefergehend mit den einzelnen Themen auseinandersetzen können, aber dennoch eine größere Vielfalt an MINT-Bereichen kennenlernen. Durchgeführt werden die Kurse von studentischen Hilfskräften der einzelnen Schülerlabore. In dem Zeitrahmen von vier Wochen je Modul können die Teilnehmenden bereits erste Bindungen zu den studentischen Betreuer:innen der Kurse aufbauen. Die je nach Kurs wechselnden Hilfskräfte gewähren im Rahmen der Kurse auch niederschwellige Einblicke in unterschiedliche Studiengänge und können Orientierung für mögliche Berufe geben.

Durch die Umsetzung in den Örtlichkeiten der Schule ergeben sich für die Teilnehmer:innen kurze Wege, wodurch das Angebot nicht nur inhaltlich, sondern auch organisatorisch niederschwellig angelegt ist. Dies gilt auch aus der Perspektive der Schulen, die ein attraktives Angebot für ihre Schüler:innen bei geringem eigenen Aufwand gewinnen. Sie stellen lediglich die Räumlichkeiten, eine Aufsicht und übernehmen organisatorische Aufgaben innerhalb der Schule, wie beispielsweise die Anmeldung zur AG.

Die ersten Pilotierungen haben gezeigt, dass es in Schulen durch Feiertage, Konferenzen, aber auch unvorhersehbare Ereignisse wie beispielsweise hitzefreie Nachmittage immer wieder zu Ausfällen kommen kann. Deshalb wird ein vierwöchiger Kurs in einem sechswöchigen Zeitraum durchgeführt. Die beiden dadurch entstehenden „Puffertermine“ können ebenso langfristig bekannte wie spontane Ausfalltermine kompensieren, um zu gewährleisten, dass alle geplanten Inhalte der Kurse auch tatsächlich vermittelt werden. Sollten die Puffertermine nicht gebraucht werden, werden diese von der verantwortlichen Lehrkraft gestaltet. Abb. 1 zeigt beispielhaft einen überblicksartigen Ablaufplan eines typischen Kurses.

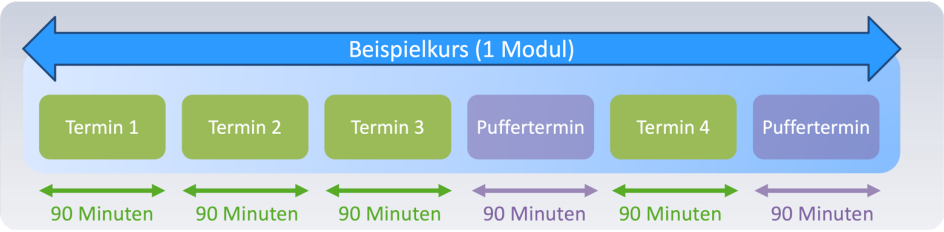


Abb. 1: Beispielhafter Ablauf eines Kurses von Labs on Tour. Die vier 90-minütigen Termine werden in sechs Wochen umgesetzt, um durch zwei Pufftermine eventuelle Ausfälle auffangen zu können. Werden diese nicht benötigt, gestaltet die verantwortliche Lehrkraft die Puffertermine. Quelle: Eigene Abbildung.

Durch die sechswöchigen Zeitslots können pro Halbjahr in einer Schule drei Module zu unterschiedlichen Themen durchgeführt werden. Die Themen der Kurse sind vom Unterricht losgelöst und sollen abwechslungsreich, motivierend und alltagsnah sein. Abb. 2 zeigt, wie durch Rotation der angebotenen Module mit drei verschiedenen Modulen bereits für drei Schulen ein Halbjahr gestaltet werden kann.

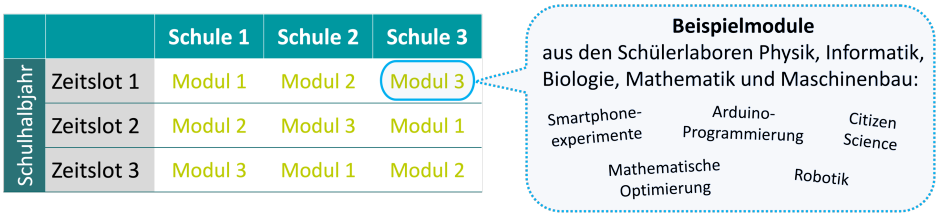


Abb. 2: Gestaltung von einem Halbjahr in drei verschiedenen Schulen mit drei Modulen von Labs on Tour. Die Module werden zirkular durch die Schulen getauscht. Die Inhalte der Kurse sind vom Unterricht losgelöst und sollen abwechslungsreich, alltagsnah sowie motivierend sein. Quelle: Eigene Abbildung

Die Zielgruppe der Kurse sind Schüler:innen der siebten und achten Jahrgangsstufe. Dabei sind die MINT-AGs sowohl klassen- als auch jahrgangsstufenübergreifend angelegt. Die dadurch entstehende Heterogenität in der Gruppe und die damit verbundene Möglichkeit, andere Schüler:innen der eigenen Schule intensiver kennenzulernen, wurde von den Teilnehmenden als sehr positiv rückgemeldet.
Den Schulen wird das Labs-on-Tour-Angebot jeweils nur für ein Halbjahr pro Schuljahr zur Verfügung gestellt. Dies ist einerseits dadurch bedingt, dass durch das jahrgangsübergreifende Konzept die Möglichkeit besteht, dass Schüler:innen über zwei Jahre an der AG teilnehmen. Somit wäre bei einem ganzjährigen Angebot eine doppelt so große Anzahl von Modulen notwendig, um zu verhindern, dass Schüler:innen in einem zweiten Teilnahmejahr auf bereits bekannte Module treffen. Durch das halbjährige Angebot ist es außerdem möglich, dass bei annähernd gleichem Ressourceneinsatz doppelt so viele Schulen von dem Angebot profitieren. Abb. 3 zeigt, dass auf diese Weise mit sechs Modulen bereits 12 Schulen an dem Projekt teilhaben können. Die jeweils freien Halbjahre können optional von den Schulen gestaltet werden, die so ein durchgängiges Angebot anbieten können. Es wird sich im Projektverlauf zeigen, inwiefern diese Möglichkeit genutzt wird und welche Wirkungen auf den Erfolg des Projekts sich ergeben.

	2023/24		2024/25		2025/26	
	1. HJ	2. HJ	1. HJ	2. HJ	1. HJ	2. HJ
3 Schulen	3 Module **A**	x	3 Module **B**	x	3 Module **A**	x
3 Schulen		3 Module **A**	x	3 Module **B**	x	3 Module **A**
3 Schulen			3 Module **A**	x	3 Module **B**	x
3 Schulen				3 Module **A**	x	3 Module **B**

Abb. 3: Zeitlicher Ablauf des Einsatzes von Labs-on-Tour-Modulen in verschiedenen Schulen. Die mit „x" markierten Halbjahre können optional von den Schulen gestaltet werden. An einem halbjährigen Angebot von nur sechs Modulen können bereits zwölf Schulen teilnehmen. Quelle: Eigene Abbildung.

Danksagung
Die Arbeiten in dem Projekt werden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16MCJ2066B gefördert.

Literatur

BMBF: https://www.bildung-forschung.digital/digitalezukunft/de/bildung/mint-cluster/mint-cluster_node.html, letzter Zugriff 29.10.2023

Hinkelmann, M., Heinke, H. & Winkens, T (2023). Labs on Tour - MINT-Angebote im Nachmittags- und Freizeitbereich, PhyDid B, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover 2023, akzeptiert.

Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik - In: Zeitschrift für Pädagogik 32 2, S. 189-204

Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (Hrsg.) (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik, Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel

Felix Pawlak[1]
Stefan Schwarzer[1]

[1]Universität Tübingen

MINT-Cluster „MINT me!“: Blended Learning im Schülerlabor

Ausgangslage

Schülerlabore haben sich mittlerweile als wichtiger und fester Bestandteil des außerschulischen Lernens etabliert (Haupt, 2023; Haupt et al., 2013). Der Besuch der Schüler:innen an diesen Lernorten zum Experimentieren bietet viele Möglichkeiten, wie z. B. authentische Einblicke in die Arbeit von Naturwissenschaftler:innen zu geben (Stamer et al., 2021).

Jedoch zeigt sich auch, dass die Schüler:innen vielfältige Voraussetzungen mitbringen und daher die Lerngruppen in Bezug auf das vorhandene Vorwissen stark variieren können (Gross & Pawlak, 2020). Folglich ist es erstrebenswert zunächst entsprechende Lernvoraussetzungen für das Experimentieren im jeweiligen Schülerlaborprogramm zu schaffen. Hierbei sollte eine angemessene inhaltliche Vor- und Nachbereitung der Schüler:innen ein essenzieller Bestandteil des Schülerlaborbesuchs sein (Engeln, 2004; Reimann et al., 2020; Streller, 2015). Allerdings stellt eine schulische Vor- und Nachbereitung auch eine organisatorische Herausforderung und ressourcenintensive Aufgabe für die Schülerlaborbetreibenden aber auch die begleitenden Lehrkräfte dar (Engeln, 2004; Pawek, 2009). Es müssen die Lernmaterialien zur Verfügung gestellt und deren aktive Nutzung sichergestellt werden, was sich als zeitaufwendig und herauffordernd vor allem für die Schülerlaborbetreibenden darstellen kann.

Eine Möglichkeit ist es, eine Vor- und Nachbereitung digital anzubieten (Neff et al., 2023), z. B. im Rahmen eines Blended Learning-Formats (Fautch, 2015; Hedtrich & Graulich, 2018; Knie, 2022). Hierbei wird der Besuch der Schüler:innen im Schülerlabor mit Hilfe von E-Learning-Einheiten angemessen vor- und nachbereitet sowie das für den Besuch notwendige Fachwissen als wichtige Lernvoraussetzung angenommen.

Ziel und Studiendesign

Im Zuge des BMBF MINT-Clusters „MINT me!“ soll eben das Potenzial einer Vor- und Nachbereitung im Blended Learning-Format für das fachliche Lernen im Schülerlabor untersucht werden. E-Learning-Einheiten sollen als ein effizientes und unterstützendes Format entwickelt und der Forschungsfrage nachgegangen werden:

> Inwiefern kann der Fachwissenserwerb durch die schulische Vor- und Nachbereitung im Blended Learning-Format gefördert werden?

Ausgehend von dem Ziel der Förderung des fachlichen Lernens wird im Schülerlabor TÜ*chemlab* des MINT-Clusters „MINT me!“ zunächst ein inhaltlicher Themenschwerpunkt gesetzt. So sollen z. B. im Themenbereich der Kunststoffe die Schüler:innen ihre Kenntnisse über den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaft erweitern (KM BW, 2022). Ziel der Vorbereitung ist unter anderem Vorkenntnisse zu funktionellen Gruppen und chemischen

Reaktionen von organischen Molekülen zu wiederholen sowie erste Parallelen zu Makromolekülen (Polymeren) herzustellen (Abb. 1).

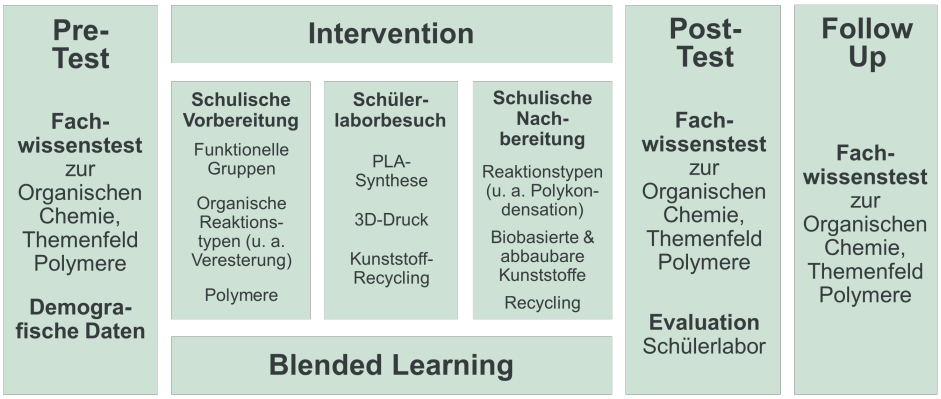


Abb. 1: Übersicht zum Studiendesign

Die erlangten Vorkenntnisse sollen anschließend im Schülerlabor vertieft und Prinzipien der Kunststoff-Synthese, wie die Polykondensation am Beispiel der Polymilchsäure-Synthese, experimentell untersucht und erlernt werden (Pawlak & Schwarzer, 2023). Die inhaltliche Nachbereitung des Schülerlaborbesuchs greift wiederum die kennengelernten Reaktionstypen zusammenfassend auf und bewertet darüber hinaus die Nachhaltigkeit biobasierter und biologisch abbaubarer Kunststoffe.

Lehrer:innen-Befragung

Neben der Festlegung der fachinhaltlichen Zielstellungen, der Forschungsfrage und dem grundsätzlichen Studiendesign wird die konkrete Umsetzung der Vor- und Nachbereitung in den Blick genommen. Da eine praktikable schulische Umsetzung bzw. Anleitung durch die Lehrer:innen unabdingbar ist, wird zunächst erfasst, wie dies aus der Perspektive der Lehrer:innen zu erfolgen hat. Dementsprechend stellt sich die Frage:

> Welche organisatorischen und inhaltlichen Anforderungen stellen Lehrer:innen an eine digitale Vor- und Nachbereitung für einen Schülerlaborbesuch?

Zur Erfassung dieser Anforderungen wird ein qualitativer, teil-standardisierter Fragebogen mit vier offenen Fragen eingesetzt (Baur & Blasius, 2019; Döring & Bortz, 2016; Tiemann & Körbs, 2014). Hierzu werden die Lehrkräfte zunächst allgemein gefragt: „Wie muss für Sie die Vor- und Nachbereitung auf das Schülerlabor aussehen, dass die Schüler:innen bestmöglich lernen können?“ Anschließend wird die generelle Einschätzung zum E-Learning zur Vor- und Nachbereitung erfasst sowie Vorschläge für potenzielle Lernarrangements und Lernmaterialien erfragt. Abschließend geben die Lehrer:innen die organisatorischen und technischen Möglichkeiten an der Schule an.

Die erhobenen Daten werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2022) und deren Ergebnisse fließen in die Anforderungen für die Entwicklung des Web-Portals und der E-Learning-Einheiten ein.

Erste Ergebnisse der Lehrer:innen-Befragung

Anhand erster Ergebnisse der Befragung (N = 14) wird deutlich, dass die Lehrer:innen zum einen vorab einen stärkeren Einblick in die Versuche bzw. Experimente sowie die zu Grunde liegenden Fachinhalte wünschen. Dementsprechend sind die Schülerlaborbetreibenden gefragt, diese Angaben noch stärker und klarer zu kommunizieren (s. Abb. 2).

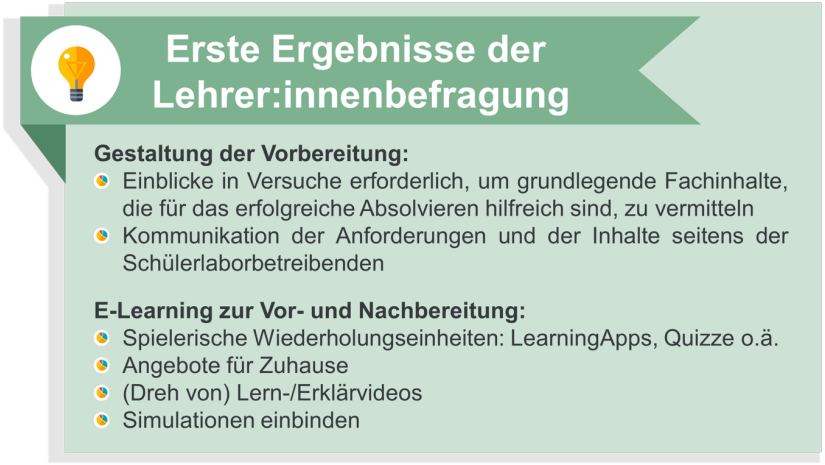


Abb. 2: Anforderungen der Lehrer:innen zur schulsichen Vor- und Nachbereitung

Des Weiteren zeigt sich vor dem Besuch im Schülerlabor der Bedarf an einer Vermittlung der *„grundlegenden Fachinhalte“* (L7), um die relevanten Lernvoraussetzungen zu schaffen *(„evtl. Wiederholung insbesondere der Grundlagen“* (L7)). Dazu bieten sich aus Lehrer:innen-Sicht unter anderem spielerische Elemente, wie die: *„Abfrage von z. B. Stoffen, die bekannt sein müssen, ggf. mit Quiz-Charakter“* (L10). Gemäß dessen ließe sich das Wissen aus Erfassung der Lernvoraussetzungen (Diagnose) auch in der Betreuung während des Schülerlabor-Besuchs berücksichtigen. Zudem zeigt sich ein möglicher Bedarf an Angeboten für Zuhause (z. B. im Rahmen von Hausaufgaben), welcher sich mit Hilfe des E-Learning-Formats umsetzen ließe. Außerdem ist im Zuge der Nachbereitung eine Vernetzung der Inhalte hilfreich: *„theoretische Inhalte der Versuche abschließend verknüpfen und in Gesamtkontext einordnen, bzw. auf anfängliche Fragestellung/Problematik beziehen“* (L3).
Die Ergebnisse zeigen, dass aus Sicht der Lehrer:innen eine enge Vernetzung der Fachinhalte zwischen der Vor- und Nachbereitung sowie des Schülerlaborbesuchs gewünscht wird. Dabei werden zumeist etablierte Methoden und Formate genannt, wobei sich sowohl deren praktische Umsetzung als auch die enge Vernetzung durchaus als herausfordernd darstellen kann.

Ausblick

Ausgehend von den ersten Ergebnissen soll eine enge Vernetzung innerhalb des Blended Learnings angestrebt und gleichzeitig praktikable Formate angeboten werden. Die Lehrer:innen-Befragung dient hierbei als Anforderungskatalog für die Gestaltung des Web-Portals und insbesondere für die Umsetzung der digitalen Vor- und Nachbereitung.
In den nächsten Schritten ist die Vor- und Nachbereitung anhand der ermittelten Anforderungen zu realisieren. Anschließend wird deren Lernwirksamkeit im Vergleich zu einer analogen und keiner Vor- und Nachbereitung durch einen Fachwissenstest überprüft.

Literatur

Baur, N., & Blasius, J. (2019). Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: Authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag.

Fautch, J. M. (2015). The flipped classroom for teaching organic chemistry in small classes: Is it effective? Chemistry Education Research and Practice, 16(1), 179-186. https://doi.org/10.1039/C4RP00230J

Gross, K., & Pawlak, F. (2020). Using Video Documentation in Out-Of-School Lab Days as an ICT Learning and Diagnostic Tool. World Journal of Chemical Education, 8(1), 52-60. https://doi.org/10.12691/wjce-8-1-7

Haupt, O. J. (2023). Schülerlabor-Atlas Schülerlabore in Europa – Analog bis digital. LernortLabor, Bundesverband der Schülerlabore.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU-Journal, 66(6), 324-330.

Hedtrich, S., & Graulich, N. (2018). Lernzuwachs in Blended-Learning Laborpraktika transparent machen – Feedbackfunktionen des LMS erweitern. CHEMKON, 25(7), 279-283. https://doi.org/10.1002/ckon.201800014

Knie, L. (2022). Konzeption, Erprobung und Evaluation einer Blended Learning-Fortbildung für MINT-Lehrkräfte zu Experimento | 10+ mit digitalen und analogen Inhalten, Dissertation. https://doi.org/10.5282/EDOC.30430

Mayring, P. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim & Basel: Beltz Verlag.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (KM BW) (2022). Bildungsplan des Gymnasiums. Chemie – Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022. Neckar-Verlag.

Neff, S., Engl, A., & Risch, B. (2023). Digitale Lernumgebungen zur Vor- und Nachbereitung realer Experimentiereinheiten. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung, & T. Trefzger (Hrsg.), Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2 (S. 17–34). Berlin & Heidelberg: Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8_2

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00003669

Pawlak, F., & Schwarzer, S. (2023). 3D Printing and a New Way to Synthesize Bio-Based and Biodegradable PLA in Chemistry Education for School Students. World Journal of Chemical Education, 11(3), 21-24. https://doi.org/10.12691/wjce-11-3-1

Reimann, M., Herzog, S., Parchmann, I., & Schwarzer, S. (2020). Wirksamkeit der schulischen Vor- und Nachbereitung eines Schülerlaborbesuches. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 26(1), 227-240. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00121-y

Stamer, I., David, M. A., Höffler, T., Schwarzer, S., & Parchmann, I. (2021). Authentic insights into science: Scientific videos used in out-of-school learning environments. International Journal of Science Education, 43(6), 868-887. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1891321

Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories, Dissertation.

Tiemann, R., & Körbs, C. (2014). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag, 283-295. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_23

Janne Groß[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Adressierung von Mädchen an außerschulischen naturwissenschaftlichen Lernorten

Über Landesgrenzen hinweg entwickelte sich in den letzten fünfzig Jahren langsam ein androgyner Wissenschaftsstereotyp (Miller, et al., 2018). Auch in Deutschland scheint diese Entwicklung spürbar: 2021 war der Frauenanteil unter den Studienanfänger:innen in MINT mit 34,5 % auf einem Höchststand (Destatis, 2023). Trotz des Aufschwungs feministischer Bewegungen sind Frauen in den Naturwissenschaften noch immer auffällig unterrepräsentiert (Buenestado-Fernández et al., 2023). Dieser Umstand könnte durch Überzeugungen über geschlechtsspezifische Interessen und Kompetenzen sowie stark wirkende Geschlechterstereotypen über MINT-Fächer bedingt sein (Master & Meltzoff, 2020). Diese begünstigen nicht nur Jungen, sondern stellen für Mädchen gleichzeitig Barrieren dar, indem sie noch immer einen nachhaltig negativen Einfluss auf das naturwissenschaftliche Selbstkonzept junger Frauen haben (Master & Meltzoff, 2020; McNally, 2020). Auch Lehrkräfte neigen aufgrund ihrer Sozialisation, einschließlich impliziter geschlechtsspezifischer Überzeugungen weiterhin zu geschlechtsspezifischen Vorurteilen und tragen damit ebenfalls zur Entmutigung junger Frauen bei (Hand et al., 2017). Demzufolge verlieren junge Frauen ihre (möglicherweise) bestehenden MINT-bezogenen Berufswünsche und lehnen den Einstieg in einen naturwissenschaftlich orientierten Beruf ab. Sogar gleiche oder höhere naturwissenschaftliche Kompetenzen, bessere Noten im Vergleich zu gleichaltrigen Jungen, sowie eine identische Lernmotivation und ein positives Fähigkeitsselbstkonzept können dieser Ablehnung nicht (genug) entgegenwirken (Stoet & Geary, 2018, 2020; Wieselmann et al., 2020).

Der Mangel an MINT-Fachkräften sowie die „Chancengerechtigkeit/ Gleichstellung aus dem gesellschaftspolitischen Bestreben heraus, Frauen und Männern (…) gleiche Zugänge zu Bildung, Ausbildung und Berufen zu ermöglichen“ bilden mitunter die Grundlage vieler Maßnahmen, um Frauen für eine Berufskarriere in MINT zu motivieren und gleichzeitig die Abbruchquote in Ausbildung, Studium und/ oder Beruf zu minimieren (Ihsen, 2019, S. 127). Dazu zählt auch die Gründung außerschulischer naturwissenschaftlicher Lernorte (Ralle, 2020). Als schulische Ergänzung haben diese Lernorte das Potenzial, anhaltende Ungleichheiten in der naturwissenschaftlichen Bildung entgegenzuwirken (Dawson, 2019), indem Naturwissenschaften unter anderem durch möglichst eigenständige, experimentelle Tätigkeiten und Projekte erlebbar gemacht werden (Buenestado-Fernández et al., 2023). Kürzlich veröffentlichte Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass außerschulische Lernorte „dazu neigen, dominante, westliche und männliche Formen des Handelns und Wissens zu privilegieren“ (übersetzt aus Archer et al., 2021, S. 170; Archer et al., 2016). Pädagogische Ansätze, die ursprünglich darauf abzielten allen Kindern und Jugendlichen eine Teilnahme an naturwissenschaftlicher Bildung zu ermöglichen, halten somit geschlechtsspezifische Hierarchien eher aufrecht als diese abzubauen (Archer et al., 2021). In Anlehnung an Archer et al. (2021) und Helmke (2017) spielt das Angebot des Lernorts (einschließlich der Machtverhältnisse, der Struktur und der Lehrenden) für die Umsetzung geschlechtersensibler Programme eine wichtige Rolle. Forschende haben sich bislang auf die Notwendigkeit konzentriert, die Motivation, die Identität oder das Interesse junger Menschen an den

Naturwissenschaften zu verändern (Archer et al., 2021; Rodéhn, 2019). Jüngste Ergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Forschung auch auf die Veränderung des Lehrangebots konzentrieren sollte, um das Potenzial außerschulischer Lernorte für die Partizipation aller Kinder und Jugendlichen zu nutzen sowie Geschlechterhierarchien in MINT zu minimieren (Archer et al., 2021; Rodéhn, 2019; Silfver, 2018). Darüber hinaus verfügen außerschulische Lehrende über ein breites Spektrum an Erfahrungen im Bildungskontext, von formalen Lehrzertifikaten bis hin zu keiner pädagogischen Praxis (Tran, 2008). In diesem Zusammenhang ist fraglich, ob die Lehrenden auch im Umgang mit Gender in den Naturwissenschaften erfahren oder überhaupt qualifiziert sind. „[M]ore research needs to be paid how educators perform in museums and science centres and their understanding of gender in order to also further understand students' gender performances" (Rodéhn, 2019, S. 164).

Das „Angebot-Nutzungs-Modell"

In Bezug auf die Auswirkungen des Unterrichts hat Helmke (2017) eine Vielzahl von Einflüssen auf die Leistungsentwicklung von Schüler:innen herausgearbeitet. Um die Komplexität des Lernens zu verstehen, bietet das „Angebot-Nutzungs-Modell" einen Überblick (Mejeh et al., 2023).

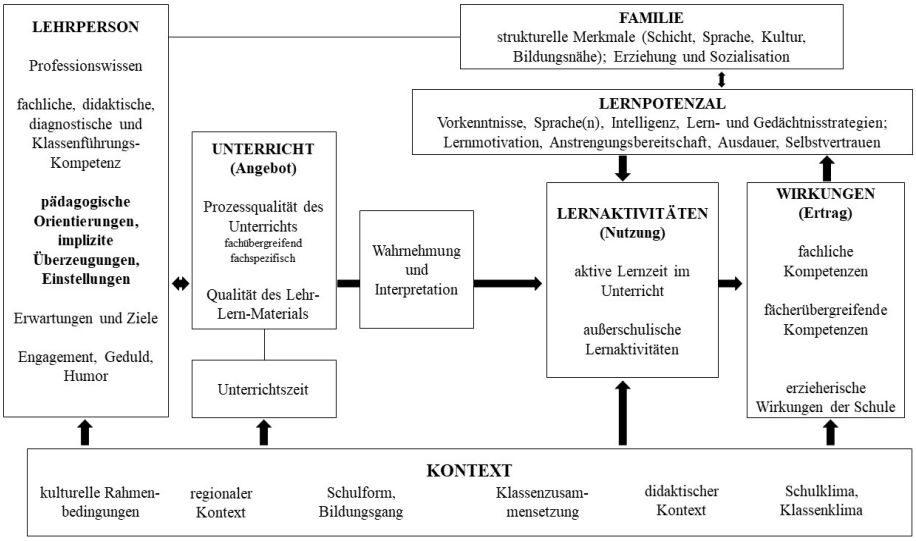


Abb. 1 Angebot-Nutzungs-Modell der Wirkungsweise des Unterrichts (Helmke, 2017, S. 71).

In dem Modell nach Helmke (Abb. 1) wird der Unterricht als *Angebot* definiert. Der ausgewählte außerschulische Lernort stellt das Angebot bereit, das von *Lehrpersonen* gestaltet wird. Das unterrichtliche Handeln wird nicht nur durch Fachwissen der Lehrenden beeinflusst, sondern auch durch ihre persönlichen Eigenschaften, wie z. B. fachbezogene Werte, implizite Überzeugungen, pädagogische Orientierungen, Geduld oder Humor (Helmke, 2017). Auch beeinflussen geschlechtsspezifische Vorurteile das (unterrichtliche) Handeln (der Lehrkräfte), einschließlich Körpersprache, Mimik oder Stimme (Elsen, 2020).

Ziel der Studie
In einem außerschulischen Lernort fiel auf, dass die Anzahl der Mädchen abnimmt, die in ihrer Freizeit an den angebotenen Workshops teilnehmen. Die Herausforderungen des naturwissenschaftlichen Lernorts haben dazu geführt, dass wir in unserer Kooperation folgende Forschungsfrage beantworten wollen:

Wie werden Mädchen von den Lehrenden an außerschulischen naturwissenschaftlichen Lernorten (nicht) adressiert?

Datenerhebung und Stichprobe
Für die Beantwortung der Forschungsfrage wird eine explorative Fallstudie durchgeführt. Episodische Interviews (Flick, 2011) wurden mit Personen vor Ort durchgeführt, die hauptberuflich an dem ausgewählten außerschulischen Lernort arbeiten. Die beruflichen Qualifikationen der Lehrenden (n=4) und der Leitung (n=2) variieren stark. Episodische Interviews enthalten sowohl konkrete Erzählanstöße nach Situationen aus dem Alltag als auch konkrete (Rück-)Fragen, die auf subjektive Definitionen abzielen (können) (Flick, 2011). Auf diese Weise können Informationen über die impliziten Vorstellungen in Bezug auf Mädchen in den Naturwissenschaften gewonnen werden.

Auswertung
Die episodischen Interviews (Flick, 2011) werden dokumentarisch ausgewertet (Nohl, 2017), um Erkenntnisse über Faktoren in Bezug auf die Lehrenden zu erhalten (z.B. implizites Wissen bzgl. Mädchen in den Naturwissenschaften). Bei der dokumentarischen Methode geht es nicht nur darum, zu analysieren, was in den Interviews explizit gesagt wird. Vor allem die Bedeutung hinter dem Gesagten steht im Fokus. Es wird zwischen dem „immanenten Sinngehalt“ und dem „dokumentarischen Sinngehalt“ unterschieden (Nohl, 2017). Im Verlauf der Analyse fasst die „formulierende Interpretation“ zunächst zusammen, welche Themen besprochen werden. Die zugrundeliegenden Orientierungsmuster des Gesagten werden durch die anschließende „reflektierende Interpretation“ herausgearbeitet. Beide Interpretationsformen werden von Anfang an in Form einer komparativen Sequenzanalyse durchgeführt (Nohl, 2017).

Ausblick
Eine erste Durchsicht des Interviewmaterials deutet darauf hin, dass die befragten Lehrenden meinen, in ihren Workshops keinen expliziten Unterschied zwischen Mädchen und Jungen zu machen. Geschlechtsspezifische Unterschiede bei den Workshop-Aktivitäten werden nicht auf das biologische Geschlecht an sich zurückgeführt, sondern vielmehr auf Stereotype, Rollenerwartungen und die Art und Weise, wie die Schüler:innen aufgewachsen sind oder geprägt wurden. Die reflektierende Interpretation ist der nächste Schritt. Für die Kontrastierung der Daten wird nach einer ersten Analyse über die Notwendigkeit weiterer episodischer Interviews an dem ausgewählten Lernort entschieden. Zusätzliche episodische Interviews mit Lehrenden an anderen außerschulischen Lernorten können durchgeführt werden, um Thesen über die (Nicht-)Adressierung von Mädchen in den Naturwissenschaften weiter zu konkretisieren.

Literatur

Archer, L., Godec, S., Calabrese, Barton A., Dawson, E., Mau, A. & Patel U. (2021). Changing the field: A Bourdieusian analysis of educational practices that support equitable outcomes among minoritized youth on two informal science learning programmes. Science Education, 105, 166-203.

Archer, L., Dawson, E., Seakins, A. & Wong, B. (2016). Disorientating, fun or meaningful? Disadvantaged families' experiences of a science museum visit. Cultural Studies of Science Education, 11, 917–939

Buenestado-Fernández, M., Ibarra-Vazquez, G., Patiño & Soledad, Ramírez-Montoya, M. (2023). Stories about gender inequalities and influence factors: a science club case study. International Journal of Science Education. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2235456

Dawson, E. (2019). Equity, exclusion and everyday science learning: The experiences of minoritised groups. London und New York: Routledge

Destatis (2023). Pressemitteilung Nr. N004 vom 23. Januar 2023. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_N004_213.html, 04.10.2023

Elsen, H. (2020). Gender – Sprache – Stereotype. Tübingen: utb.

Flick, U. (2011). Das episodische Interview. In G. Oelerich & H.-U. Otto (Hrsg.), Empirische Forschung und Soziale Arbeit. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 273-280

Hand, S., Rice, L. & Greenlee, E. (2017). Exploring teachers' and students' gender role bias and students' confidence in STEM fields. Social Psychology of Education, 20, 929-945

Helmke, M. (2017). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Hannover: Klett & Kallmeyer

Ihsen, S. (2019). Einblicke in Orientierungsprojekte. In Y. Haffner & L. Loge (Hrsg.), Frauen in Technik und Naturwissenschaft: Eine Frage der Passung. Aktuelle Erkenntnisse und Einblicke in Orientierungsprojekte. Opladen, Berlin, Toronto: Barbara Budrich, 127 - 145

Master, A. & Meltzoff, A. N. (2020). Cultural Stereotypes and Sense of Belonging Contribute to Gender Gaps in STEM. International Journal of Gender, Science and Technology, 12(1), 152-198

Mc Nally, S. (2020). Gender Differences in Tertiary Education: What explains STEM Participation? EENEE Analytical Report No. 41. Prepared for the European Commission

Mejeh, M., Hagenauer, G. & Gläser-Zikuda, M. (2023). Mixed Methods Research on Learning and Instruction – Meeting the Challenges of Multiple Perspectives and Levels Within a Complex field. Forum: Qualitative Social Research, 24(1), Art. 14

Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H. & Uttal, D. H. (2018). The Development of Children's Gender-Science Stereotypes: A Meta-analysis of 5 Decades of U.S. Draw-A-Scientist Studies. Child Development, 89, 1943-1955

Nohl, A.-M. (2017). Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer VS

Ralle, B. (2020): Empirische Forschung in Schülerlaboren - eine anspruchsvolle Aufgabe. In K. Sommer, J. Wirth, & M. Vanderbeke (Hrsg.), Handbuch Forschen im Schülerlabor. Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete. Münster: Waxmann, 13 – 17

Rodéhn, C. (2019). Science centres, gender and learning. Cultural Studies of Science Education, 14, 157-167

Silfver, E. (2019). Gender performance in an out-of-school science context. Cultural Studies of Science Education, 14, 139-155

Stoet, G. & Geary, D. C. (2020). Corrigendum: The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering and Mathematics. Psychological Science, 31(1), 110-111

Stoet, G. & Geary, D. C. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering and Mathematics. Psychological Science, 29(4), 581-593

Tran, L. U. (2008). The professionalization of educators in science museums and centers. Journal of Science Communication, 7(4), 1-6

Wieselmann, J. R., Roehrig, G. H. & Kim, J. N. (2020). Who succeeds in STEM? Elementary girls' attitudes and beliefs about self and STEM. School Science and Mathematics, 120, 297-308

Paul Böning[1] [1]TU Dresden
Gesche Pospiech[1]

Bewerten Lernen an und mit außerschulischen Lernorten
Eine Vergleichsstudie

Motivation

Unsere Gesellschaft ist zunehmend geprägt durch Fragen nachhaltiger Entwicklung. In diesem Kontext müssen Schüler:innen im Rahmen ihrer Partizipation am demokratischen Diskurs lernen, komplexe gesellschaftliche Fragen zu bewerten (Klafki, 2007; Schreiber und Siege, 2016). Ein Beispiel ist die Frage, ob der Kohleausstieg in der Lausitz vorgezogen werden sollte oder nicht. Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss haben die Entwicklung entsprechender Fähigkeiten durch die Etablierung des Kompetenzbereichs „Bewertung“ zu einer Aufgabe für die Schule erklärt (KMK, 2004). Inwiefern außerschulische Lernorte (ASL) durch ihre authentischen Kontexte (Kuske-Janßen et al., 2020) die Entwicklung dieser Bewertungskompetenz unterstützen können, ist dabei noch wenig untersucht.

Theoretischer Hintergrund

Seit Einführung des Kompetenzbereichs Bewertung in den nationalen Bildungsstandards findet eine intensive Beschäftigung mit der theoretischen Modellierung dieser Kompetenz statt. Einen Überblick über bisherige Ergebnisse geben Bögeholz et al. (2018).

Sowohl theoretische Überlegungen als auch empirische Erkenntnisse betonen die Fähigkeit zum Perspektivwechsel als eine Schlüsselkompetenz für Bewertungskompetenz (BWK). Im Oldenburger Modell ist der Perspektivwechsel eine Teildimension (Alfs et al., 2012). Kahn und Zeidler (2019) bezeichnen die Fähigkeit zum Perspektivwechsel als „gateway“ zu fortgeschrittenen Argumentationsformen. Im Rahmen der Diskussion um das socio-scientific-reasoning (SSR) wird der Perspektivwechsel ebenfalls als wichtige Teildimension anerkannt (Sadler et al., 2007). Romine et al. (2020) identifizierten die Fähigkeit zum Perspektivwechsel als Schlüsselfähigkeit zur Ausbildung weiterer SSR-relevanter Teilkompetenzen. Daher nimmt der Perspektivwechsel eine besondere Stellung im Diskurs um überfachliche BWK ein. Die Förderung der Fähigkeit zum Perspektivwechsel sollte also ein Ziel des Unterrichts zur BWK sein. Kinslow et al. (2019) identifizierten im Rahmen quantitativer Untersuchungen zu einem 6-wöchigen Ökologiekurs einer US-amerikanischen High-School positive Effekte des Kurses mit regelmäßigen Aktivitäten außerhalb des Schulgeländes auf die Fähigkeit zum Perspektivwechsel. Dabei fand jedoch kein Vergleich mit Schüler:innen statt, die keinen ASL besuchten. Es bleibt also unklar, inwiefern die positiven Effekte auf die ASL-Besuche, die regionale Relevanz des Themas oder die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik zurückgeführt werden können.

Fragestellungen

Es wurden daher folgende Fragestellungen formuliert:

1. Inwiefern und auf welche Weise unterscheiden sich die Bewertungen der Schüler:innen, die einen ASL besucht haben, von denen der Schüler:innen, die keinen ASL besucht haben?
2. Welche Aspekte des Lernortbesuches führen ggf. zu einer unterschiedlichen Bewertung im Vergleich zu einem problemorientierten Unterrichtskonzept ohne Lernortbesuch?

Methodik

Zur Beantwortung der Fragestellungen wird eine Vergleichsstudie im Prä-Post-Design durchgeführt. Zwei Gruppen bearbeiten in einer Intervention dasselbe problemorientierte Unterrichtskonzept zur Frage, ob der Kohleausstieg in der Lausitz auf das Jahr 2030 vorgezogen werden sollte oder nicht. Eine der Gruppen besichtigt während der Intervention das Braunkohlekraftwerk Schwarze Pumpe und tritt dort in Kontakt mit ehemaligen Beschäftigten. Außerdem sammeln die Lernenden am ASL Informationen zum Treibhauseffekt. Die zweite Gruppe verbleibt die gesamte Intervention über in der Schule. Die Inhalte der Kraftwerksführung werden in Form eines Erklärvideos mit Aufnahmen aus dem Kraftwerk bereitgestellt. Weiterer Bestandteil der Intervention ist das Vorstellen einer Entscheidungsstrategie. Die Intervention hat einen Umfang von drei Doppelstunden zzgl. Exkursion bzw. vier Doppelstunden. Zur Erhebung der BWK werden die Schüler:innen vor und nach der Intervention aufgefordert, ihre Meinung zur kontroversen Frage wiederzugeben und zu begründen. Dies wird durch einen Online-Fragebogen (Prä) und durch Briefe an die Schulsprecherin im Rahmen der Intervention (Post) realisiert. Diese Stellungnahmen werden mit inhaltlich-strukturierenden und evaluativen Kategorien nach Kuckartz und Rädiker (2022) qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet. Das Kategoriensystem wird auf Basis der Operationalisierung der BWK anhand der ausführlichen Stellungnahmen der Post-Befragung entwickelt. Zur Beantwortung der zweiten Fragestellung werden zu verschiedenen Zeitpunkten leitfadengestützte Einzelinterviews mit ausgewählten Schüler:innen durchgeführt. Der Interviewleitfaden wurde auf Basis eines Angebots-Nutzungs-Modells des Lernens an ASL (adaptiert nach Helmke, 2014 sowie Labudde und Möller, 2012) entwickelt. Die Interviews werden auf Grundlage dieses Modells inhaltlich strukturierend inhaltsanalytisch ausgewertet.

Als Kontrollvariable wurde am Ende jeder Einheit der Intervention die intrinsische Motivation erfasst, um zu garantieren, dass ein fairer Vergleich vorliegt.

Operationalisierung Bewertungskompetenz

Um mögliche Effekte des Lernortbesuches auf die Entwicklung der Bewertungskompetenz identifizieren zu können, wurde die Bewertungskompetenz ausgehend von bestehenden Theorien operationalisiert. Dabei wurden solche Aspekte fokussiert, bei denen sich ein Einfluss des Lernortbesuchs erwarten lässt: Folgenreflexion, Perspektivwechsel, Nutzung vielfältiger Argumente und Abwägen von Argumenten.

Abwägen von Argumenten

In diesem Aspekt wird untersucht, inwiefern die Schüler:innen durch Abwägen zu ihrer Entscheidung gekommen sind und inwiefern dieser Abwägungsprozess expliziert wird. Es konnten im Wesentlichen vier Niveaus identifiziert werden:

- Position erreicht ohne Abwägen
- Keine klare Position wegen fehlenden Abwägens erreicht

- Position durch implizites/unbewusstes Abwägen erreicht
- Position durch explizites Abwägen erreicht.

Nutzung vielfältiger Argumente

Hier werden formulierte Thesen oder Argumente den Kategorien sozial, ökonomisch, ökologisch sowie Wissenschaft/Technik in Anlehnung an Wu und Tsai (2007) zugeordnet. Es wird untersucht, welche und wie viele verschiedene Kategorien angesprochen werden.

Perspektivwechsel

Dieser zentrale Aspekt wird in den zwei Dimensionen „angesprochener Personenkreis" sowie „Tiefe der Perspektivübernahme" untersucht. Ziel des Unterrichts zur Bewertungskompetenz soll das Einnehmen einer „allgemeine[n] gesellschaftliche[n] Perspektive" (Alfs et al., 2012, S. 90) sein. Dieser „etic/emic shift" (Kahn und Zeidler, 2019) wird in der Dimension „angesprochener Personenkreis" untersucht. Die „Tiefe der Perspektivübernahme" untersucht, wie intensiv sich die Schüler:innen mit den jeweiligen Perspektiven befasst haben und findet im Aspekt „engagement" des Modells zum Perspektivwechsel von Kahn und Zeidler (2019) sein Pendant.

Folgenreflexion

Für eine elaborierte Entscheidungsfindung müssen auch potentielle Folgen einer Entscheidung betrachtet werden. Die Fähigkeit dazu wird in diesem Aspekt erfasst. Werden in den Stellungnahmen potentielle Folgen angesprochen, werde diese u. a. in Hinblick auf die wahrgenommene Bedeutung oder Intensität untersucht.

Erste Beobachtungen

Ein erster vollständiger Kategorisierungsdurchlauf der ausführlichen Stellungnahmen ergab bereits interessante Beobachtungen: Diejenigen Schüler:innen, die das Kraftwerk besucht haben, waren häufiger nicht in der Lage, eine klare Entscheidung zu treffen, weil sie nicht die verschiedenen Argumente bzw. Werte abwägen. Diese Jugendlichen identifizieren und formulieren Argumente beider Seiten, sind aber nicht in der Lage, zu entscheiden, was wichtiger für sie ist. In den Interviews der Pilotierungsstudie zeigt sich bereits ein ähnlicher Effekt: Dort gaben die befragten Schüler:innen an, durch das Unterrichtskonzept oder den Besuch des Kraftwerks die ihrer eigenen Meinung entgegengesetzte Position intensiver wahrgenommen und dadurch ernster genommen zu haben. Dies sind also Hinweise darauf, dass der ASL-Besuch die Fähigkeit zum Perspektivwechsel fördern kann. Diese Beobachtungen müssen noch gemeinsam mit detaillierten Analysen der Kategorien zum Perspektivwechsel sowie mit den Interviews vertiefend untersucht und trianguliert werden. Das Kategoriensystem wird mit Hilfe eines Intercoders überprüft und angepasst.

Weiter zeigte sich, dass Fehlkonzepte und Fehlinformationen z. T. eine große Rolle im Bewertungsprozess spielten. Besonders prominent ist die Vorstellung, dass ein separates Netz für Ökostrom existiert und somit bei Umstellung auf einen entsprechenden Tarif die Energieversorgung für die entsprechenden Personen nicht mehr gewährleistet sei. Der Einfluss solcher Fehlkonzepte muss weiter untersucht werden.

Ausblick

Durch qualitative und z. T. quantitative Vergleiche der Kategorisierungen in den beiden Gruppen sollen weitere Unterschiede und Einflüsse durch den Lernort identifiziert werden. Die Interviews sollen Hinweise auf mögliche Ursachen der gefundenen Unterschiede geben (z. B. Expert:innenkommunikation, Primärerfahrungen, …).

Literatur

Alfs, N., Heusinger von Waldegge, K. & Hößle, C. (2012). Bewertungsprozesse verstehen und diagnostizieren. In: Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung. 1 (1), 83 – 112

Bögeholz, S., Hößle, C., Höttecke, D. & Menthe, J. (2018). Bewertungskompetenz. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Eds.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer-Verlag, 261 - 281

Helmke, A. (2014). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. 5. Auflage. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer

Kahn, S. & Zeidler, D. L. (2019). A Conceptual Analysis of Perspective Taking in Support of Socioscientific Reasoning. Science & Education. 28, 605 - 638

Kinslow, A., Sadler, T. D. & Nguyen, H. T. (2019): Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. Environmental Education Research. 25 (3), 388 - 410

Klafki, W. (2007). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 6., neu ausgestaltete Auflage. Weinheim: Beltz

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 5. Auflage. Weinheim: Beltz Juventa

Kuske-Janßen, W., Niethammer, M., Pospiech, G., Wieser, D., Wils, J.-T. & Wilsdorf, R. (2020). Außerschulische Lernorte – theoretische Grundlagen und Forschungsstand. In: Pospiech, G., Niethammer, M., Wieser, D. & Kuhlemann, F.-M. (Eds.), Begegnungen mit der Wirklichkeit. Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten. Bern: hep-Verlag

Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. 15 (1), 11 - 36

Romine, W. L., Sadler, T. D., Dauer, J. M. & Kinslow, A. (2020). Measurement of socio-scientific reasoning (SSR) and exploration of SSR as a progression of competencies. International Journal of Science Education. 42 (18), 2891 - 3002

Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? Research in Science Education. 37, 371 - 391

Schreiber, J.-R. & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. 2. Aktualisierte und erweiterte Auflage. Bonn: Engagement Global

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länger in der Bundesrepublik Deutschlang (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand

Wu, Y. & Tsai, C. (2007). High School Students' Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: Qualitative and quantitative analyses. International Journal of Science Education. 29 (9), 1163 - 1187

Tobias Binder[1]
Sophie Kurschildgen[2]
Elvira Schmidt[2]
Kerstin Kremer[2]
Stefan Schwarzer[1]

[1]Universität Tübingen
[2]Universität Gießen

Spirit Teaching 2.0 – NOS-Verständnis bei Schüler:innen fördern

Einleitung

Im Leitgedanken zum Kompetenzerwerb des Bildungsplans Baden-Württemberg für Gymnasien im Fach Chemie wird die *naturwissenschaftliche Grundbildung* als „*das Fundament für eine lebenslange Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften und ihren gesellschaftlichen, technischen und ethisch-moralischen Auswirkungen*“ definiert und als bedeutsamer Teil der Allgemeinbildung festgelegt (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2022). Studien, die eine positive Korrelation zwischen dem Wissenschaftsverständnis (engl. Nature of Science, NOS) und der Akzeptanz von wissenschaftlichen Theorien sowie der Bedeutung der COVID-19 Pandemie nachweisen konnten, unterstreichen die Relevanz eines adäquaten NOS-Verständnisses empirisch (Canlas & Molino-Magtolis, 2022; Weisberg et al., 2021). Gleichzeitig zeigen Untersuchungen mit Schüler:innen und Lehrkräften, dass oft ein naives NOS-Verständnis vorliegt (Abd-El-Khalick, 2006; Lederman, 2007; Lederman & Lederman, 2014; McComas, 1998).

Projekt

Bei der Lindauer Nobelpreisträgertagung (LNPT), einer seit 1951 jährlich stattfindenden internationalen Konferenz mit dem Ziel, den wissenschaftlichen Austausch zu fördern, haben ausgewählte, junge Wissenschaftler:innen die Möglichkeit, mit Nobelpreisträger:innen in den Austausch zu treten. Mit der Initiative *Mission Education* hat sich die LNPT das Ziel gesetzt, über die Tagung hinaus die Bedeutung der Wissensgesellschaft herauszustellen. Wichtige Bestandteile der *Mission Education* sind die Mediatheque der LNPT und die Initiative *Teaching Spirit* für ausgewählte MINT-Lehrkräfte. Die Mediatheque enthält zahlreiche Videos zur LNPT, aber auch weiterführende Medien zu Nobelpreisträger:innen sowie Lehr- und Lernangebote, welche einen tiefen Einblick in die LNPT sowie darüber hinaus ermöglichen. Bei der Initiative *Teaching Spirit* werden Lehrkräfte aus dem deutschsprachigen Raum für ihr herausragendes Engagement gewürdigt. Sie besuchen unteranderem einen experimentellen Workshop während der LNPT, um Inspiration und Anregungen für ihren Unterricht zu erhalten. Im Rahmen des Kooperationsprojekts „Teaching Spirit 2.0: Lindauer Nobelpreisträger als Bildungspaten für OER in Schule & Schülerlabor“ der Chemiedidaktik an der Universität Tübingen und der Biologiedidaktik an der Universität Gießen sollen diese beiden Bestandteile der *Mission Education*, die LNPT Mediatheque und der experimentelle Workshop von *Teaching Spirit*, enger verknüpft werden. Dazu werden Open Educational Resources (OER-Materialien) zur Förderung des Wissenschaftsverständnisses entwickelt und deren Wirksamkeit empirisch untersucht. Die Mediatheque der Lindauer Nobelpreisträgertagungen wird dabei unter anderem zum Aufzeigen von Wegen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verwendet.

Theoretischer Hintergrund

Welches NOS-Verständnis adäquat ist und wie dieses an Schüler:innen vermittelt werden kann, ist Thema anhaltender Diskussionen in der fachdidaktischen Forschung. Die bekanntesten NOS-Konstrukte sind der *Consensus View* (Lederman et al., 2002; Lederman & Lederman, 2014), *Nature of Whole Science* (Allchin, 2011) und der *Family Resemblance Approach (FRA)* (Erduran & Dagher, 2014). Ausgehend von der Veröffentlichung von McComas (McComas, 1998) identifiziert die Gruppe um Lederman sieben NOS-Aspekte bezüglich *Nature of Scientific Knowledge* (NOSK) welche sie als relevant für zukünftige Bürger:innen betrachten geeignet für die schulische Bildung halten und von ihnen als Konsens in der Fachforschung angesehen werden. Basierend auf diesen NOS-Aspekten entwickelten Lederman et al. ein Messinstrument (*Views about Nature of Science Questionaire*) (Lederman et al., 2002), welches sich als ein Standardinstrument der empirischen NOS-Forschung etabliert hat (Heering & Kremer, 2018). Das NOS-Modell des *Consensus Views* wird teilweise als zu limitiert kritisiert, um ein holistisches NOS-Verständnis zu fördern (Allchin, 2011; Erduran & Dagher, 2014), bietet es sich jedoch aufgrund der pragmatischen Begrenzung von in der Schule zu vermittelnden NOS-Aspekten und der literaturbekannten Messinstrumente für die empirische NOS-Forschung an. Daher wird bei dem Projektteil in Tübingen das NOS-Verständnis nach der Definition des *Consensus Views* untersucht.

Materialentwicklung, Methodik und Begleitstudie

Nach aktuellem Forschungsstand ist die explizite und reflektierende Thematisierung von NOS das wichtigste didaktische Merkmal zur Förderung eines adäquaten NOS-Verständnisses (Kircher et al., 2020; Lederman & Lederman, 2014; McComas, 2020). Weitere unterstützende Ansätze zur Förderung von NOS sind der Einsatz von gegenwärtigen Fällen, historischen Fällen und forschendes Lernen (Allchin et al., 2014; McComas, 2020).

Bei der Materialentwicklung wurde darauf geachtet, möglichst viele dieser Ansätze zu berücksichtigen. Dazu wurden Experimentierstationen des Tübinger Schülerlaborprogramms „An der Uni (er)forschen -Moderne Technologien in der Chemie“, welche Elemente des Inquiry-based Learning enthält, um explizite und reflektierende Materialien zu NOS ergänzt. Medien der LNPT Mediatheque werden eingebunden als:

- authentische Quelle für wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung
- authentische Hintergründe für historische und gegenwärtige Fälle
- Anstoß zur Reflexion über NOS-Aspekte in der Wissenschaft (z.B. Vorläufigkeit oder soziokulturelle Eingebundenheit von Wissenschaft und wissenschaftlichen Erkenntnissen)

Die einzelnen Stationen wurden anschließend zu einem Schülerlaborprogramm mit NOS als thematische Rahmung zusammengeführt. Mit einer Begleitstudie zum Schülerlabor soll die Wirksamkeit der Materialien erforscht werden. Das Schülerlabor bietet dabei die Möglichkeit, chemische Forschungskontexte an aktuellen Beispielen und unabhängig von starren Bildungsplänen zu behandeln.

Eine ausgewählte Forschungsfrage, die in der Vorstudie untersucht werden soll, lautet:

Inwiefern kann mittels eines innovativen Schülerlaborprogramms (mit expliziten und reflexiven Inhalten zu NOS) das Wissenschaftsverständnis von Schüler:innen bezüglich der Aspekte Vorläufigkeit, Belastbarkeit und selbstkorrigierender Natur von Wissenschaft gefördert werden?

Die Vorstudie ist als eine Interventionsstudie mit Prä-, Post- und Follow-Up-Erhebung geplant (Abb. 1). Zur Untersuchung des NOS-Verständnisses werden sowohl ein geschlossener Fragebogen auf Basis literaturbasierten Items (Kremer, 2010; Müller, 2021; Ungermann, 2021) als auch ein offener Fragebogen von Ledermann (VNOS-C (Lederman et al., 2002)) in adaptierter Form eingesetzt.

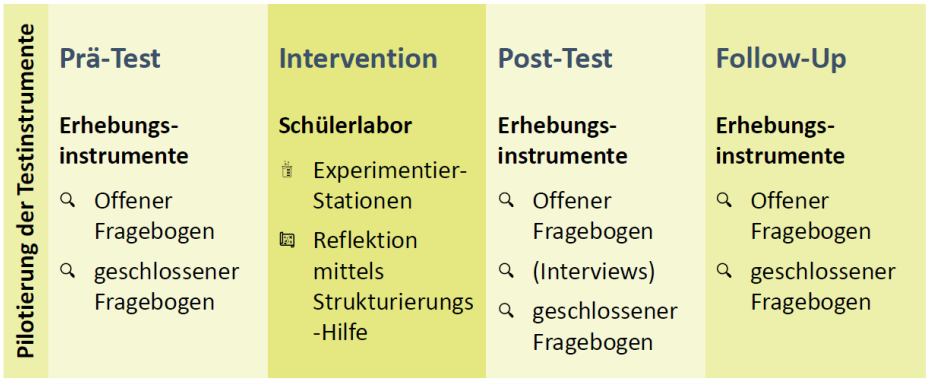


Abb. 1:Studiendesign der Vorstudie

Ausblick

Nach Durchführung der Vorstudie werden entsprechend der Ergebnisse die Materialien und das Schülerlaborprogramm angepasst und in der Hauptstudie mit größerer Stichprobe und Kontrollgruppe weiter untersucht (Abb. 2).

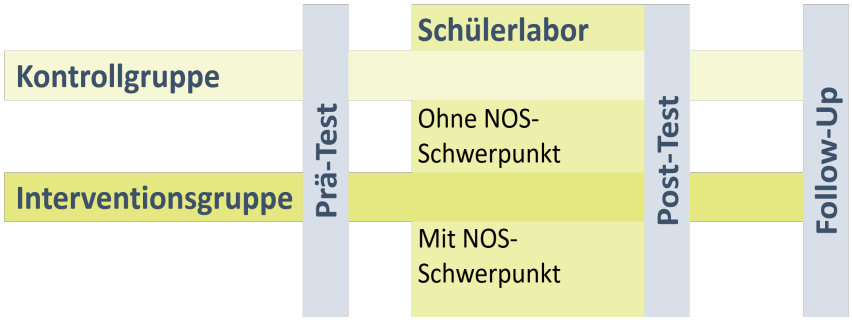


Abb. 2: Vorläufiges Studiendesign der Hauptstudie

Zusätzlich zur der geplanten Erhebung zur Wirksamkeit der Materialien mit Schüler:innen im Schülerlabor kann im weiteren Verlauf untersucht werden, ob die Materialien im Zusammenspiel mit dem begleitenden Seminar zum Schülerlabor geeignet sind, das NOS-Verständnis bei den beteiligten Lehramtsstudierenden zu fördern.

Literatur

Abd-El-Khalick. (2006). OVER AND OVER AGAIN: COLLEGE STUDENTS' VIEWS OF NATURE OF SCIENCE. In L. B. Flick & N. G. Lederman, Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education (S. 389–425). Kluwer Academic Publishers.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. Science Education, 95(3), 518–542. https://doi.org/10.1002/sce.20432

Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. Science Education, 98(3), 461–486. https://doi.org/10.1002/sce.21111

Canlas, I. P., & Molino-Magtolis, J. (2022). Views on the Nature of Science, Beliefs, Trust in the Government, and COVID-19 Pandemic Preventive Behavior among Undergraduate Students. International journal of science and mathematics education, 1–30. https://doi.org/10.1007/s10763-022-10343-w

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education (Bd. 43). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4

Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 105–119). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_7

Kircher, E., Girwidz, R., & Fischer, H. E. (Hrsg.). (2020). Physikdidaktik | Methoden und Inhalte. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59496-4

Kremer, K. H. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen: Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2010091734623

Lederman. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell (Hrsg.), Handbook of Research on Science Education (S. 831–879). Routledge.

Lederman, N. G., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S., Abd-el-Khalick, F., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science // Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), 497–521. https://doi.org/10.1002/tea.10034

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In S. K. Abell (Hrsg.), Handbook of Research on Science Education (S. 600–620). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch30

McComas, W. F. (1998). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Hrsg.), The Nature of Science in Science Education (Bd. 5, S. 53–70). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_3

McComas, W. F. (2020). Nature of Science in Science Instruction. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2022). Bildungsplan des Gymnasiums Chemie 2016 Baden-Württemberg: Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022. Amtsblatt des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/CH.V2

Müller, S. (2021). Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse: Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung. Logos Verlag Berlin GmbH.

Ungermann, M. (2021). Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht: Bd. Band 326.

Weisberg, D. S., Landrum, A. R., Hamilton, J., & Weisberg, M. (2021). Knowledge about the nature of science increases public acceptance of science regardless of identity factors. Public understanding of science (Bristol, England), 30(2), 120–138. https://doi.org/10.1177/0963662520977700

Jens Damköhler[1]
Markus Elsholz[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Universität Würzburg

Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte

Relevanz von Reflexionsprozessen und Reflexionsförderung

Seit vielen Jahren gehören Praxisveranstaltungen, die oft bereits in der ersten Phase der Lehrkräftebildung stattfinden, zum Curriculum eines jeden Lehramtsstudiums. Eine wichtige Rolle wird dabei Phasen intensiver Reflexion zugeschrieben. Im Rahmen der beschriebenen Studie wird Reflexion als ein kognitiver Prozess der (Re-)Strukturierung von Erfahrungen vor dem Hintergrund des eigenen Wissens-, Überzeugungs- und Haltungssystems verstanden, der sich stets auf eine konkrete Situation bezieht. Publikations- und disziplinübergreifend herrscht eine gewisse Einigkeit über die Relevanz von Reflexionsprozessen (Damköhler, Elsholz & Trefzger, 2022) in der Lehrkräftebildung. Dabei wird die Reflexionsfähigkeit beispielsweise als Chance zur Relationierung von Theorie und Praxis betrachtet (Schön, 1983; Vogelsang & Rehfeldt, 2021) oder als wichtiges Instrument zur Professionalisierung von Lehrkräften (Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2011; Neuber & Weber, 2022). Dementsprechend existieren auch verschiedene Formate und Konzepte zur Reflexionsförderung.

Modellierung der Reflexionskompetenz

Während z. B. bei Dewey (1910) noch die Vorstellung von Reflexivität als einer Gewohnheit dominierte, die man durch praktische Übung trainiert, wurden in späteren Forschungsarbeiten auch reflexive Fähigkeiten in den Fokus genommen (vgl. hierzu ausführlich Wyss, 2013). In den vergangenen Jahren wird Reflexivität zunehmend als Kompetenz modelliert (vgl. hierzu z. B. Von Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019 und Stender, Vogelsang, Watson & Schaper, 2020). Diese Ansätze greifen auf das Kontinuumsmodell für Kompetenzen von Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015) zurück.

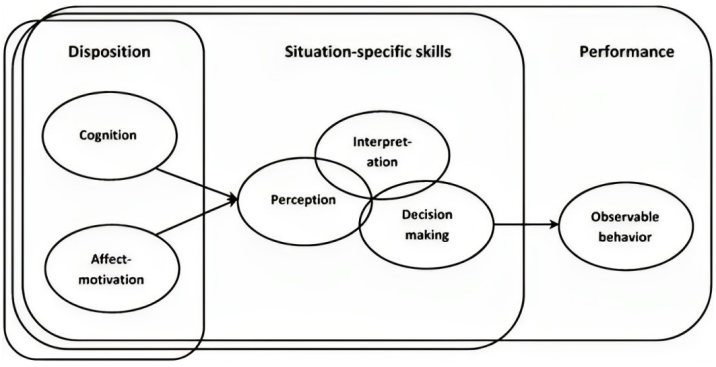


Abb. 1 Modeling competence as a continuum. (Blömeke et al., 2015)
Used with permission from Zeitschrift für Psychologie (2015), 223, pp. 3-13
https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194. © 2015Hogrefe Publishing www.hogrefe.com

Dieses Modell soll zwei unterschiedliche Perspektiven auf Kompetenzen integrieren. In der ersten Perspektive werden Kompetenzen als ein Set aus Dispositionen betrachtet, die ein

bestimmtes kompetentes Verhalten in einer konkreten Anwendungssituation erlauben. Die zweite Perspektive fokussiert das beobachtbare Verhalten als Kriterium für das Vorhandensein einer Disposition. Das Modell löst den scheinbaren Widerspruch zwischen beiden Perspektiven auf, indem es Kompetenzen als ein Kontinuum mit Zwischenschritten beschreibt (Blömeke et al., 2015, S. 7). Dabei gehören kognitive und affektiv-motivationale Dispositionen, die eng mit dem resultierenden Verhalten verbunden sind, ebenso zur Kompetenzdefinition, wie mediierende, situationsspezifische Fertigkeiten – sowie das beobachtbare Verhalten selbst (vgl. auch Blömeke & Kaiser, 2017). Zur Kompetenzmessung kommen entsprechend z. B. Performanztests infrage (Blömeke & Kaiser, 2017).
In Anlehnung an diese Definition modellieren von Aufschnaiter et al. (2019) die Reflexionskompetenz.

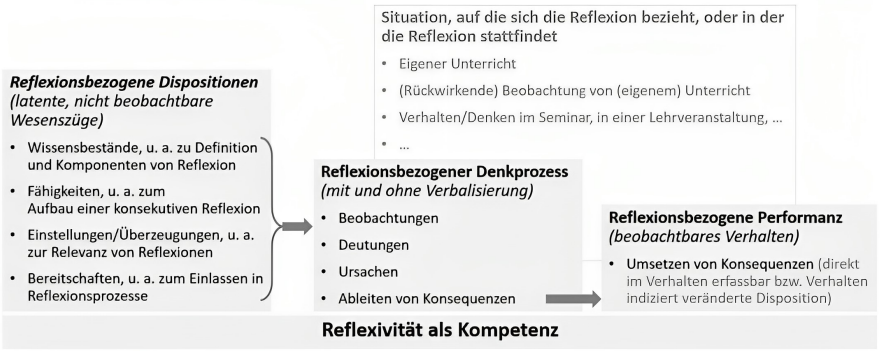


Abb. 2 Reflexivität als Kompetenz (von Aufschnaiter et al., 2019)

In diesem Modell wird der eigentliche Reflexionsprozess den situationsbezogenen Fertigkeiten zugeordnet. Die Performanz wird hier als mehrdeutig beschrieben, da sie sich einerseits durch Manifestationen der beschriebenen Denkprozesse, z. B. in Form von Textprodukten, andererseits aber auch in einem veränderten Verhalten niederschlagen könnte (von Aufschnaiter et al., 2019). Eine ähnliche Modellierung verwenden Stender et al., 2020).

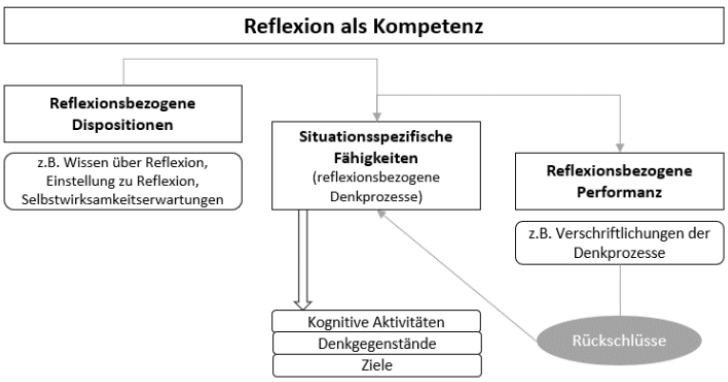


Abb. 3 Reflexion als Kompetenz (Stender et al., 2020)

In dieser Modellierung wird herausgestellt, dass z. B. aus den Verschriftlichungen von Denkprozessen Rückschlüsse auf die zu Grunde liegenden Denkprozesse und damit auf die Reflexionskompetenz gezogen werden sollen (Stender et al., 2020).

Offene Fragen zu den Modellen

Die dargestellten Modelle beschreiben Reflexivität als Kompetenz und schließen sich dem Kontinuumsmodell von Blömeke an. Kompetenzmessungen auf Basis der Modelle ziehen – im Wesentlichen – aus dem beobachtbaren Verhalten (z. B. in Form von situativ verändertem Verhalten oder z. B. Textprodukten) Rückschlüsse auf die zu Grunde liegenden Reflexionsprozesse (von Aufschnaiter et al., 2019; Stender et al., 2020; Blömeke & Kaiser, 2017). Fraglich erscheint jedoch, in welchem Ausmaß die Reflexionsprozesse durch diese Rückschlüsse zugänglich sind, da bei der Externalisierung der Reflexionsprozesse z. B. eine Vielzahl weiterer Teilkompetenzen benötigt werden (z. B. Argumentationsfähigkeit, Ausdrucksfähigkeit). Oder etwas plakativer: Lässt das Ausbleiben einer beobachtbaren Veränderung den Schluss zu, dass keine Reflexion stattgefunden hat? Dadurch wird z. B. auch die Frage der Validität von Performanztests zur Beurteilung der Reflexionskompetenz berührt. Weitere offene Fragen bestehen zum Konstrukt der Reflexionsqualität, das zur Beurteilung der Reflexionskompetenz über die Performanz maßgeblich ist. Hier findet man Studien, die die Auswirkungen der Ausprägung von Dispositionen auf die Qualität von Reflexionsprodukten (z. B. in Form von Reflexionstexten) fokussiert (vgl. z. B. Weber, Neuber & Prilop, 2023; Meier et al., 2023; Stender, Watson, Vogelsang & Schaper, 2021). Die dort berichteten Ergebnisse können sicherlich zur Klärung der beteiligten Dispositionen beitragen. Dennoch scheint die Frage nach der Reflexionsqualität selbst derzeit noch nicht umfassend beantwortet. Welche Merkmale kennzeichnen eine qualitätsvolle Reflexion? Wie lässt sich das messen? Selbst bei weitgehend akzeptierten Maßen wie Reflexionsbreite und Reflexionstiefe besteht noch Diskussionsbedarf, beispielsweise, ob je nach Situation nicht eine geringere Breite auch für eine höhere Qualität stehen kann.

Studie zu Reflexionskompetenz und Reflexionsqualität

Diese – und einige weitere – Fragen werden in einem Dissertationsprojekts am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Uni Würzburg adressiert. Im Rahmen einer Studie im Lehr-Lern-Labor-Seminar Physik, einer Pflichtveranstaltung für Lehramtsstudierende (Realschule und Gymnasium), erhalten Studierende die Aufgabe, nach einer Micro-Teaching-Einheit ihre Erfahrungen mündlich zu reflektieren. Die dort aufgezeichneten Reflexionsprodukte werden u. a. inhaltsanalytisch ausgewertet. Darüber hinaus werden im PRE-/POST-Design verschiedene, mit der Reflexionsperformanz in Verbindung gebrachte Dispositionen (Reflexive Selbstwirksamkeitserwartung nach Lohse-Bossenz, Schönknecht & Brandtner, 2019, verschiedene reflexive Haltungen nach Neuber & Weber, 2022) sowie das jeweils aktuelle Reflexionsverständnis erhoben. Im Zentrum der Untersuchung stehen drei Fragenkomplexe:

- Inwiefern unterscheiden sich Prozesse der Selbst- und Fremdreflexion bezüglich charakteristischer Strukturmerkmale?
- Welche der Strukturmerkmale eignen sich für eine Charakterisierung der Qualität von Reflexionsprodukten, erlauben also genügend differenzierte Hinweise auf die Qualität abgelaufener kognitiver Prozesse im Sinne einer sukzessiven Ausschärfung des Konstrukts der Reflexionskompetenz?
- In welcher Weise verändern sich ablaufende Reflexionsprozesse bei Studierenden im Verlauf des Lehr-Lern-Labor-Seminars und wie nehmen Studierende selbst diese Veränderungen wahr?

Die Studie befindet sich in der Phase der Datenerhebung. Zum jetzigen Zeitpunkt wurden die Daten von $n = 13$ Studierenden erhoben.

Literaturverzeichnis

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, *223*(1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Blömeke, S. & Kaiser, G. (2017). Understanding the Development of Teachers' Professional Competencies as Personally, Stuationally and Socially Determined. In D. J. Clandinin & J. Husu (Eds.), *The SAGE handbook of research on teacher education* (vol. 2, S. 783–802). Los Angeles: SAGE Reference.

Damköhler, J., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2022). Reflexionsprozesse im Lehr-Lern-Labor. In H. Grötzebauch & S. Heinicke (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022* (S. 211–215). Bad Honnef: Fachverband Didaktik der Physik.

Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: Heath.

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkäften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55–68). Münster: Waxmann.

Lohse-Bossenz, H., Schönknecht, L. & Brandtner, M. (2019). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Erfassung Reflexionsbezogener Selbstwirksamkeit von Lehrkräften im Vorbereitungsdienst. *Empirische Pädagogik*, *33*(2), 164–179.

Meier, J., Vogelsang, C., Küth, S., Scholl, D., Watson, C. & Seifert, A. (2023, 14. September). *Welche Rolle spielt eine reflexive Haltung für eine qualitätsvolle Unterrichtsreflexion? Zusammenhänge zwischen einer quasi-experimentellen Einstellung und der Reflexionsperformanz von Lehramtsstudierenden.* Schule und Lehrkräfte. Bildung neu denken. Sektionstagung empirische Bildungsforschung der Arbeitsgruppe für Empirische Pädagogische Forschung (AEPF) sowie der Kommission für Bildungsplanung, Bildungsorganisation und Bildungsrecht (KBBB), Potsdam.

Neuber, K. & Weber, K. E. (2022). Erfassung reflexionsbezogener Dispositionen von angehenden und praktizierenden Lehrkräften. Ein systematisches Review. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *15*(1), 5–26.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books. Retrieved from http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0832/82070855-d.html

Stender, J., Vogelsang, C., Watson, C. & Schaper, N. (2020). Reflexion von (eigenem oder fremdem) Klassenführungsverhalten angehender Lehrpersonen. Eine Untersuchung im Kontext von Unterrichtssimulationen im Lehramtsstudium. In M. Keller-Schneider, K. Zierer & M. Trautmann (Hrsg.), *Jahrbuch für Allgemeine Didaktik 2020. Thementeil: Allgemeine Didaktik und Reflexion von Lehr- und Lernprozessen* (1st ed., S. 18–39). Bielefeld: wbv Publikation.

Stender, J., Watson, C., Vogelsang, C. & Schaper, N. (2021). Wie hängen bildungswissenschaftliches Professionswissen, Einstellungen zu Reflexion und die Reflexionsperformanz angehender Lehrpersonen zusammen? 229-248 / Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, Vol. 4 No. 1 (2021): Herausforderung Lehrer*innenbildung - Ausgabe 4. https://doi.org/10.11576/hlz-4057

Vogelsang, C. & Rehfeldt, D. (2021). Relationierung von Theorie und Praxis in der Lehrkräftebildung im Fach Physik. Eine Übersicht über Forschungen und Formate. In C. Caruso, C. Harteis & A. Gröschner (Hrsg.), *Theorie und Praxis in der Lehrerbildung. Verhältnisbestimmungen aus der Perspektive von Fachdidaktiken* (Springer eBook Collection, 1st ed. 2021). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS.

Von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, Bd. 2 Nr. 1 (2019): Herausforderung Lehrer_innenbildung*, (144-159). https://doi.org/10.4119/HLZ-2439

Weber, K. E., Neuber, K. & Prilop, C. N. (2023). Videobasierte Reflexion von klassenführungsspezifischen Ereignissen. Welche Rolle spielen Wissen und Reflexionsbereitschaft von Lehramtsstudierenden? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. https://doi.org/10.1007/s11618-023-01195-3

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften* (Empirische Erziehungswissenschaft, Band 44). Dissertation. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Curtis Elpelt[1]
Friederike Korneck[1]

[1]Universität Frankfurt /Main

Astrofotografie
Ein außerunterrichtliches Projekt in der Oberstufe

Der Themenbereich der Astronomie und die dazugehörige Fotografie wecken das Interesse von Schülerinnen und Schülern, nicht nur der Physikkurse (Pössel, 2015). Da dennoch für die Astrofotografie kaum Lerngelegenheiten existieren, wurde ein Schulprojekt mit geeigneter Aufnahmetechnik für reale Bedingungen (z. B. Lichtverschmutzung in Ballungsräumen) geplant und durchgeführt.
An dem fünfwöchigen Projekt nahmen sieben Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Ausgangsvoraussetzungen teil. Die Teilnehmenden hatten die Möglichkeit eigene Fotomotive auszuwählen und die aufgenommenen Bilddaten mit Hilfe von Stacking und Bildkalibrierung auszuwerten. Materialien und Abläufe wurden so konzipiert, dass eine Durchführung des Projekts auch an anderen Schulen möglich ist. Hinsichtlich des benötigten Equipments ist eine digitale Kamera mit Stativ notwendig.
Bei der Durchführung des Projekts an einer Schule konnte auf ein schuleigenes Teleskop zurückgegriffen werden, dieses war jedoch nicht zwingend erforderlich um selbst Fotografien von weit entfernten und dunklen Objekten anfertigen zu können. Hierfür genügt, je nach Motiv, ein Tele- oder Weitwinkelobjektiv, welches günstiger und somit leichter für eine Schule zu beschaffen ist.

Teilnehmende Schülerinnen und Schüler

Die Gewinnung interessierter Schülerinnen und Schüler für die Durchführung des Projekts erfolgte durch eine Vorstellung des Projekts in den Jahrgängen der Oberstufe.
Dadurch hat sich eine Gruppe von sieben Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Leistungskursen und Interessen zusammengefunden. Lediglich eine Person hat Physik als Leistungskurs belegt, einige hatten Physik als Fach bereits abgewählt. Zwei der Teilnehmenden hatten Kunst als Leistungskurs belegt. Es zeigt sich, dass die Berücksichtigung anwendungsbezogener oder ästhetischer Aspekte auch Schülerinnen und Schüler für eine Auseinandersetzung mit physikalischen Themen motiviert, die in ihrer Schulzeit keine weitere Beschäftigung mit Physik angestrebt haben.

Organisation des Projekts

Zur Durchführung des Projekts wurden fünf Module konzipiert, die Schülerinnen und Schüler an eigene Planungs-, Aufnahme-, und Auswertetätigkeiten heranführen. Zu jedem Modul wurde Material in Form von Präsentationen und Arbeitsblättern entwickelt, das auch als Nachschlagewerk für die Teilnehmenden dient.

Modul 1: Einführung in die Astronomie
Im ersten Modul werden die Schülerinnen und Schüler unter anderem in die Geschichte der Astronomie eingeführt. Zudem lernen sie alltägliche Zusammenhänge zur Astronomie (z. B. die Herkunft der Benennung der Wochentage, die Entstehung der Jahreszeiten oder die präzessionsbedingte Abweichung der beobachtbaren Sternzeichen) sowie beeinflussende Faktoren für die Sicht in den Himmel kennen.

Die Teilnehmenden werden in Werkzeuge eingeführt, die bei der Planung von Beobachtungsabenden nützlich sein können und stellen erste Überlegungen zu eigenen fotografischen Zielen an.

Modul 2: Aufnahmetechnik & Planung eines Beobachtungsabends
Um die maximale Belichtungszeit bei der Aufnahme von Bildern in Abhängigkeit von der Brennweite des verwendeten Objektivs bestimmen zu können und die gezielte Aufnahme von Serienbildern (in Form von „Lightframes“, „Darkframes“ etc.) planen zu können, wird in diesem Modul eine Einführung in die Aufnahmetechnik mit den notwendigen Kameraeinstellungen für den Beobachtungsabend gegeben.

Modul 3: Beobachtungsabend
Um am Beobachtungsabend das gewünschte Motiv fotografieren zu können, benötigen die Schülerinnen und Schüler die zuvor erarbeiteten Inhalte und kennengelernten Werkzeuge. Nach dem Aufbau der Kamera mit einem Teleskop oder einem Objektiv werden gezielt Bilderserien angefertigt (im Rahmen der Bildkalibrierung) und im nächsten Modul ausgewertet.

Abb. 1 Schüler nimmt Bilddaten auf

Modul 4: Auswertung der Bilddaten
Im Rahmen der Auswertung der Bilddaten erfolgt eine Einführung in die Bildbearbeitung am PC. Hierfür kann sowohl kostenfreie Software (z. B. DeepSkyStacker für die Bildkalibrierung und GIMP für die anschließende Bildbearbeitung) als auch kostenpflichtige Software verwendet werden.
Folgende Aspekte sollten bei der Bildkalibrierung berücksichtigt werden:
Um möglichst viele Bildinformationen auch von lichtschwachen Objekten zu erhalten, werden lange Belichtungszeiten bei der Aufnahme benötigt. Gleichzeitig ist die Belichtungszeit durch die Erdrotation, die Brennweite des Objektivs sowie die Größe und Auflösung des Kamerasensors begrenzt. Zudem wird die Bildqualität durch temperaturabhängiges Rauschen des Kamerasensors beeinflusst. Eine Lösung ist die Aufnahme von Serien verschiedener Bildtypen (Lightframes, Darkframes, Biasframes, Flatframes), die miteinander am PC verrechnet werden (Bildkalibrierung). Thermisches Rauschen wird isoliert aufgenommen und von Bilddaten „abgezogen“. Unerwünschte Objekte (Flugzeuge) können herausgerechnet und eine eventuelle Vignettierung (Randabschattung) des Objektivs/Teleskops reduziert werden. Abschließend können die gewünschten Bildinformationen aus der Gesamtmenge der aufgenommenen und verrechneten Bilddaten herausgearbeitet werden.

Abbildung 2 und 3 zeigen exemplarische Ergebnisse des Projekts.

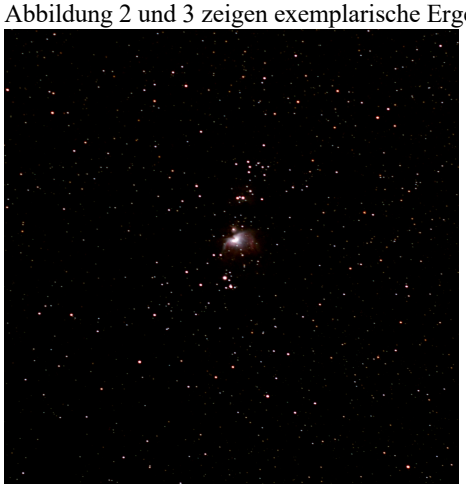


Abb. 2 Orionnebel (Stacking aus mehreren Aufnahmen)

Abb. 3 Mond (Stacking aus mehreren Aufnahmen)

Modul 5: Präsentation der Ergebnisse

Zum Abschluss des Projekts stellen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vor und vergleichen ihr Vorgehen mit dem von Astrophysikern. Dafür wird eine kurze Dokumentation[1] und frei verfügbare Messdaten vom Hubble-Teleskop[2] genutzt.

Rückmeldungen zum Projekt

In ihre Rückmeldungen bewerteten die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler das Projekt sehr positiv (Elpelt, 2023). Beispielsweise formulierte ein Schüler in einer Rückmeldung: „Wir alle hatten gute Ergebnisse erzielt und waren sehr zufrieden mit unseren eigenen Fotografien, aber auch der Vielfalt in denen der Anderen“. In anderen Rückmeldungen wurde hervorgehoben, dass die Theorie interessanter gewesen sei, als erwartet. Jedoch wurde die Auswertung teilweise als kompliziert empfunden und angemerkt, dass es schwierig war passende Termine hinsichtlich des Wetters und der zeitlichen Möglichkeiten der Teilnehmenden zu finden. Die Texte wurden teilweise als zu lang empfunden, teilweise aber auch wegen ihres Detailreichtums positiv hervorgehoben. Für eine eigene oder folgende Durchführung des Projekts kann es sich anbieten das Material entsprechend der Lerngruppe anzupassen.

Fazit

Das Projekt „Astrofotografie“ hat auch Schülerinnen und Schüler mit geringem physikalischem Interesse zur Teilnahme und Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen bzw. physikalischen Themen motiviert. Indem sie ihr neu erworbenes Wissen für die Vorbereitung, Planung und Durchführung der Astrofotografie direkt nutzen konnten, erleben sie sich als kompetent und waren stolz auf die Ergebnisse, den Fotoausdrucken ihrer selbst gewählten Motive sowie den Präsentationen des Projektes auf einem schulöffentlichen Monitor und der Homepage der Schule.

[1] Orion, der Weltraum in Farbe? | Mit offenen Augen | ARTE: https://youtu.be/NTqli3PXw9Q
[2] Hubble Legacy Archive: https://hla.stsci.edu/hlaview.html

Literatur

Elpelt, C. (2023). Den Blick in den Himmel mit der Kamera festhalten – Astrofotografie als außerunterrichtliches Projekt. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Fach Physik. Frankfurt am Main: Goethe-Universität.

Pössel, M. (2015). Studien zum Interesse von Schüler/innen an Astronomie. https://scilogs.spektrum.de/relativ-einfach/studien-zum-interesse-von-schuelerinnen-an-astronomie/

Michael Komorek[1]
Jana Dorothea Schmitz[1]
Kai Bliesmer[1]

[1]Universität Oldenburg

Physik im Jugendzentrum mit dem phymobil_OL

Jugendzentren bilden weiße Flecken auf der MINT-Bildungslandkarte. Kinder und Jugendliche, die dort ihre Freizeit verbringen und sich aufgehoben fühlen, haben meist wenig Zugang zu naturwissenschaftlich-technischen Angeboten jenseits der Schule. Die Corona-Beschränkungen haben diese Situation weiter verschärft. Seit 2022 erreicht das mobile Schülerlabor phymobil_OL Kinder und Jugendlichen in Jugendeinrichtungen, teilfinanziert durch das BMBF (Projekt Ease Corona). phymobil_OL bietet an zehn Jugendeinrichtungen non-formale Denk-, Experimentier- und Konstruktionsangebote am Nachmittag an. Im Projekt konnte erhoben werden, wie die MINT-Angebote des mobilen Schülerlabors angenommen werden und welches Denken und Handeln sie anregen. Eine besondere Bedeutung hat das Konzept des 'free choice learning' (Falk & Dierking, 2007), das aus der Museumforschung bekannt ist. Mit ihm kann die Dynamik an Jugendzentren im Umgang mit MINT-Angeboten beschrieben werden. Dies hat ein Umdenken bei der Strukturierung der mobilen Schülerlabor-Angebote erzwungen, weg von einer ‚Kurs-Logik' hin zu einer 'free choice learning'-Logik.

Bildungsbenachteiligte Kinder und Jugendliche haben große Nachteile durch Corona und Corona-Schutzmaßnahmen erfahren. Ihr ‚Fähigkeitsselbstkonzepts' hat gelitten. Um hier Unterstützung zu leisten, wurde die mobile Variante des bestehenden stationären Oldenburger Schülerlabors physiXS entwickelt, um insbesondere bildungsbenachteiligte Kinder und Jugendliche an ihren Freizeitorten anzutreffen und mit ihnen physikalische Experimente durchzuführen. Es wurde eine Kooperation mit zehn Stadtteilzentren, Jugendzentren, Mädchenhäusern und Jugendeinrichtungen der Kirche im Nordwesten Niedersachsens aufgebaut. Die Experimentierangebote sind niederschwellig strukturiert und haben sich bei phymobil_OL eingangs grundsätzlich am 5E-Instruktionsmodell von Bybee (2015) orientiert (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) (vgl. auch Pedaste, Mäeots, Siiman, de Jong, van Riesen, Kamp, Manoli, Zacharia & Tsourlidaki, 2015). Die Breite der physikalischen Phänomenbereiche, die im mobilen Labor genutzt werden, hat sich teils an den Wünschen der Jugendeinrichtungen, teils an den Ideen der beteiligten Studierenden orientiert. Non-formale Experimente zu Wasser und Luft wurden ergänzt durch Experimente mit Magneten, mit CO_2-Raketen, Vakuumexperimente, Experiment mit regionalem Bezug zum Küstenschutz sowie Experimente zu Elektrizität. Auch Escape Games als Rahmung kamen zum Einsatz. Im Projekt konnte auf die Ergebnisse des GINT-Verbunds zum non-formalen MINT-Lernen aufgebaut werden (vgl. Beyer, Gorr, Kather, Komorek, Röben & Selle, 2021).

Kontextualisierung und Storytelling als Leitlinie für die mobilen Angebote

Die Angebote sollten insbesondere einen positiven Einfluss auf das Fähigkeitsselbstkonzept entfalten, was bedeutet, dass das fachliche Lernen im Projekt eher in der zweiten Zielebene angesiedelt ist und als Element der Differenzierung dient. Um die Zugänglichkeit der MINT-Angebote zu steigern, sind sie durchgängig in sinnstiftende naturwissenschaftlich-technische und gesellschaftliche Kontexte in Form narrativer Anker (Vanderbilt, 1990; Nawrath, 2010) eingebettet. Meist beginnen die Angebote mit einem Storytelling durch die Studierenden, die

die Angebote umsetzen. Ziel ist es, dass die Kontexte bei phymobil_OL die tendenziell bildungsbenachteiligte Kinder und Jugendliche motivieren, sich mit fachlichen Inhalten und den Experimentierangeboten zu befassen (Lewalter & Greyer, 2009). Aus den narrativen Ankern ergeben sich dann Problemlöseaufgaben, die das Fähigkeitsselbstkonzept tendenziell fördern und stabilisieren (vgl. Reusser, 2005; Sajons, 2020). Die (lösbaren) Probleme unterstützen zugleich die Beziehungsarbeit zwischen den Studierenden und den Kindern/Jugendlichen über den Zeitraum von ca. acht Wochen pro Jugendeinrichtung. Verbunden damit wird bei phymobil_OL das selbstbestimmte Handeln unterstützt, indem die beteiligten Kinder und Jugendlichen in den Problemkontexten Spielräume für eigene Entscheidungen haben (vgl. Selbstbestimmungstheorie nach Deci & Ryan, 2012).

Setting und Methodik: In neun Bachelor- und Masterarbeiten (u. a. Feldhues, 2023; Gerwink, 2023) ist geprüft worden, wie sich längerfristige, individualisierte Angebote in Jugendzentren realisieren lassen und welche Wirkungen sie auf das Fähigkeitsselbstkonzept haben. Der eigentliche Projektzeitraum war das Jahr 2022, in dem an den zehn Jugendzentren insgesamt 900 einzelne Teilnahmen von Kindern und Jugendlichen zwischen 9 und 13 Jahren stattgefunden haben. Es war nicht möglich, Daten mit Fragebögen oder Interviews zu erheben, denn dass wäre im Rahmen der offenen Jugendeinrichtungen nicht realisierbar gewesen. Die beteiligten Studierenden konnten ihre Ergebnisse auf Feldnotizen und nachträglich dokumentierten Beobachtung stützen; nur vereinzelt sind kurze Interviews geführt worden.

Ergebnis 1: Lernumgebung Jugendzentrum. Jugendzentren als Freizeitorte lassen Kursangebote über längere Zeiträume nicht zu. Gründe sind wechselnde Teilnehmer:innen pro Termin, parallele Angebote des Zentrums und geringe Verbindlichkeit der Teilnahme. Jugendzentren weisen hinsichtlich fachlichem Lernen eine free-choice-Charakteristik auf (vgl. Falk & Dierking, 2007). Dies ist für weitere Angebote in und mit Jugendzentren zu beachten.

Ergebnis 2: Anpassung an free-choice-Charakteristik. Die didaktische Strukturierung der physikalischen Angebote benötigt Spannungsbögen, die pro Termin abgeschlossen sind. Erfahrungen des Projekts (u. a. Feldhues, 2023; Gerwink, 2023) zeigen, dass eine offene Struktur, bei der Kinder und Jugendlichen nach Interesse am Angebot teilnehmen, nicht nur catch-, sondern auch ausgeprägte hold-Komponenten (vgl. Falk & Dierking, 2007) aufweisen müssen. Voraussetzung ist, dass die Angebote nicht Wissensaufbau, sondern Selbstwirksamkeit anzielen und die Kinder und Jugendlichen daher vor allem auf der Handlungsebene aktivieren. Kognitive Aktivierung ist im Rahmen des Projektsettings zwar beobachtbar, aber nicht messbar. Das Konzept des free-choice-learning scheint geeignet, die Dynamik im Jugendzentrum besser zu verstehen und hat bei der Gestaltung der phymobil-Angebote geholfen. Denn wie im Museum sind die Kinder nicht gezwungen, sich mit den phymobil-Aktionen zu befassen. Catch- und hold-Komponenten kommen beim free-choice-learning zum Tragen. Es bedeutet, dass ein Angebot so attraktiv sein kann, um Kinder zu ‚catchen', z. B. durch konkrete Handlungsaufforderung oder durch andere Personen, die einen ‚mitreißen'. Die catch-Komponente ist meist gut umsetzbar. Schwieriger ist es, die Kinder längerfristig zu halten, also die hold-Komponente zu realisieren. Dies kann nur durch eine ‚intrinsische' Motivation gelingen, etwa wenn sich Kinder beim Experimentieren in der sozialen Situation als kompetent wahrnehmen, wenn sie sich als selbstwirksam und fähig erfahren, kleine Aufgaben zu lösen (vgl. Lewalter & Geyer, 2009). Ist die hold-Komponente nicht stark genug, werden sie von der nächsten Aktion im Jugendzentrum ‚gecatched', z. B. dem Backen einer Pizza.

Ergebnis 3: Kompetenzentwicklung für Lehramtsstudierende: Die phymobil-Angebote werden von Physik-Lehramtsstudierenden durchgeführt. Ihre subjektiven Überzeugungen von der Struktur physikalischer Lernangebote fixiert vor allem kursartige Angebote, die das Ziel haben, Wissen aufzubauen. Eine solche Strukturierung von Lernangeboten wird den Studierenden in der Universität mit Blick auf Unterricht in der Schule nahegelegt. Erfahrungen mit free-choice-Ansätzen fehlen ihnen, sodass zunächst Unsicherheiten entstehen. Mit dem phymobil-Angebot haben die Studierenden ihre Sicht auf physikalisches Lernen erweitert.

Ergebnis 4: Entwicklung von Jugendzentren: Non-formale physikalische Experimentierangebote bereichern Jugendeinrichtungen. Diese können die Zentren selbst nicht realisieren, weil ihnen generell die Kompetenz dazu fehlt. Die entstandenen Materialien und Handreichungen unterstützen nun Jugendeinrichtungen dabei, selbst MINT-Angebote umzusetzen.

Ergebnis 5: Befragung vom Familien zu non-formalen MINT-Bildungsangeboten: In weiteren vier Abschlussarbeiten (Ahrenholtz, 2021; Naber, 2021; Metz, 2023, Wiemer, 2023) wurden parallel zu den phymobil-Angeboten 23 Familien, auch aus tendenziell bildungsbenachteiligten Milieus dazu befragt, welchen Bedarf sie hinsichtlich non-formaler MINT-Bildung haben. Eltern und Kinder wurden in Interviews mit episodischen und biografischen Anteilen (Witzel & Reiter, 2012; Methfessel & Schön, 2014) getrennt voneinander befragt. Die Studierenden fragten nach dem *MINT-Verständnis*, nach *Erfahrungen mit non-formalen MINT-Angeboten* und nach *Wünschen hinsichtlich Formate non-formaler MINT-Angebote.*
Eltern, die dem ‚Bildungsbürgertum' zuzurechnen sind, unterscheiden sich von solchen, die Kriterien einer Bildungsbenachteiligung erfüllen (Details in Bliesmer & Komorek, eingereicht). Im ersten Fall wird von zahlreichen gemeinsamen Bildungserlebnissen mit den eigenen Kindern als Ausdruck der familiären Freizeitgestaltung berichtet ("*Was kann man machen im Rahmen zum Beispiel der Sommerferien oder halt am Wochenende*."). Da Mobilität kein Problem darstelle, könnten auch weit entfernte Lernorte aufgesucht werden. Gemeinsame Besuche von Museen und Science Center würden zudem als Anlass für fachbezogene Familiendiskussion genutzt ("*Wenn Fragen kommen, versuchen wir halt, diese Fragen auch mitzunehmen und anschaulicher zu erklären.*"). Bei den bildungsbenachteiligten Familien äußern die Eltern, kaum Zugang zu non-formalen Lernorten zu haben, dafür eher zu informellen wie dem Wald oder gemeinsamen Spaziergängen. Non-formale MINT-Bildung halten auch Eltern in schwieriger sozioökonomischer Lage für erstrebenswert, allerdings sehen sie bei ihren Kindern ein eher geringes Interesse an MINT-Themen. Beim Vergleich mit den Äußerungen ihrer Kinder wird aber deutlich, dass bei den Eltern teilweise Unkenntnis besteht, was sich ihre Kinder an Bildung in der Freizeit wünschen.
Bei den elterlichen Erwartungen an non-formale Bildungsangebote gibt es bei beiden Teilgruppen kaum Unterschiede. Diese Orte sollen die Selbsttätigkeit ihrer Kinder unterstützen und deren Problemlösefähigkeit fördern; auf keinen Fall solle es um durchstrukturierte, kleinschrittige Angebote gehen, wie sie der Schule unterstellt werden. Nicht Wissensvermittlung solle im Vordergrund stehen, sondern die Auseinandersetzung mit alltagsnahen Aufgaben ("*Probleme lösen und vor allem auch Präsentieren, Mitteilen, sowas halt. […] Eigenes Verhalten im Alltag kritisch durchdenken. Natur erkunden, Phänomene untersuchen.*"). Die wünschenswerte Rolle der betreuenden Personen an non-formalen MINT-Lernorten wird übereinstimmend in der offenen Begleitung gesehen. Kinder und Jugendliche sollen bei ihren eigenen Projekten unterstützt werden *("Ich würde mir tatsächlich mehr Mitmach-Aktionen wünschen. Also Sachen, wo man wirklich Zeit hat, wo man ausprobieren kann und im Idealfall vielleicht noch jemand Lust hat, das zu erklären").* Somit werden Formate präferiert, die free-choice-learning erlauben und bei denen eine Betreuung bedarfsorientiert und beiläufig stattfindet.

Literatur

Ahrenholtz, I. (2021). Bedarfserhebung zu außerschulischen MINT-Angeboten – Befragung von SchülerInnen. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.

Beyer, L., Gorr, C., Kather, C., Komorek, M., Röben, P. & Selle, S. (Hrsg.) (2021). Orte und Prozesse außerschulischen Lernens erforschen und weiterentwickeln (Außerschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik, Bd. 6). Münster: Lit.

Bybee, R. (2015). The BSCS 5E Instructional Model. Arlington: National Science Teachers Association.

Bliesmer, K. & Komorek, M. (eingereicht). Bedeutung des non-formalen Lernens für die MINT-Bildung: Interviewstudien mit Stakeholdern und Familien. In: C. Angele, C. Bertsch, M. Hemmer, S. Kapelari, G. Leitner & M. Rothgangel (Hrsg.) Fachdidaktik im Zentrum von Forschungstransfer und Transferforschung. Reihe fachdidaktische Forschungen. Münster: Waxmann.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In: R. M. Ryan (Ed.) Oxford handbook of human motivation, 85-107. University Press.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2007). Investigating public science interest and understanding: Evidence for the importance of free-choice learning. Public Understanding of Science, 16 (4), 455-469.

Feldhues, J. (2023). Entwicklung, Erprobung und kritische Reflexion eines mobilen Schülerlabor-Angebots unter dem Aspekt prozessorientierter Kompetenzen -- Einsatz von phymobil_OL im Jugendzentrum Oldenbrok. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.

Gerwink, L. (2023). Der Fluch der Tedescus-Blutlinie - Entwicklung und Erprobung eines Exit Games als Free-Choice-Learning-Angebot im Rahmen von phymobil_OL. Masterarbeit. Universität Oldenburg.

Lewalter, D. & Greyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. Zeitschrift für Erziehungs-wissenschaft 12, 28-44.

Methfessel, B. & Schön, B. (2014). Biographisch orientierte Lehr-Lernprozesse als „Brücke“ zwischen lebensweltlichen Erfahrungen und systematischen Lehr-Lernprozessen. Haushalt in Bildung & Forschung, 3, 91-108.

Metz, J.-C. (2023). Nutzung außerschulischer MINT-Angebote bildungsbenachteiligter Familien - Befragung der Kinder. Universität Oldenburg.

Naber, J. (2021). Bedarfserhebung zu außerschulischen MINT-Angeboten – Befragung der Eltern. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.

Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht (Diss.). Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S., Kamp, R. T., Manoli, C., Zacharia, Z. & Tsourlidaki, E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review 14, 47–61.

Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. Beiträge zur Lehrerbildung, 23 (2), 159-182.

Sajons, C. (2020). Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln. Logos.

Vanderbilt, Cognition and technology group (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. Educational Researcher, 19 (6), 2-10.

Wiemer, J. (2023). Nutzung außerschulischer MINT-Angebote bildungsbenachteiligter Familien. Befragung der Eltern. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.

Witzel, A. & Reiter, H. (2012). The Problem-Centred Interview: Principles and Practice. Sage Publications.

Joachim Kranz[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Steffi Trense[2] [2]iMINT-Akademie Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

Web-Based-Training zur „Inklusion in der digitalisierten Welt“ im naturwissenschaftlichen Unterricht

Inklusives Unterrichten bedeutet: In heterogenen Klassen den Lernstoff differenziert und dennoch im Klassenverbund zu vermitteln, sodass alle Schülerinnen und Schüler entsprechend ihrer unterschiedlichen Fähigkeiten und Voraussetzungen individuell und bestmöglich gefördert werden. Interaktive digitale Tools eignen sich hierbei besonders gut, um die Lernenden im Unterricht zu begleiten, ihnen Hilfestellungen zu geben und sie herauszufordern (Hesse & Mandl, 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001, Wiesner & Wiesner, 2010).

Das Web-Based-Training (WBT) entwickelt ein Konzept für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht mit einer Öffnung des Unterrichts für variable Lernwege und differierende Lernergebnisse unter Einbeziehung digitaler Tools. Ein interaktives Lernbuch begleitet in einer erprobten Lernumgebung inklusive, praktische Lösungsansätze (Kranz & Trense, 2022).

Das Web-Based-Training „Inklusion in der digitalisierten Welt“ der Siemens Stiftung, der iMINT-Akademie der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin macht in drei aufeinander aufbauenden Selbstlernmodulen mit den zentralen Ideen einer inklusiven und digitalen Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts vertraut. Dabei wird nicht nur Grundlagenwissen vermittelt: Zuordnungsaufgaben und Wissensabfragen helfen, das Erlernte direkt zu vertiefen. Offene Aufgabenstellungen unterstützen bei der Reflexion der individuellen pädagogischen Praxis und der Entwicklung inklusiver Ansätze für den eigenen Unterricht.

Die Ziele des WBT lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:
- Bereitstellung einer wissenschaftlich abgesicherten Planungsgrundlage für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht.
- Vorstellung einer inklusiven Lernumgebung unter Nutzung von Plattformen, digitalen Tools und IT-Technik.
- Verbreitung von Materialien für einen individualisierten MINT-Unterricht.
- Bereitstellung von Instrumenten zur Qualitätssicherung (Workbook, Checklisten).

Die Module:
In drei Modulen wird die unterrichtsbezogene Umsetzung von Inklusion & Digitalisierung anhand von Praxisbeispielen vorgestellt. In den Modulen werden Informationen, aber auch Aufgabenstellungen zur Selbstevaluation nebst den Lösungen, sowie Schlussfolgerungen bereitgestellt. Das Web-Based-Training möchte für Unterrichtende der Naturwissenschaften aller Klassenstufen strukturierte Informationen und Hilfen zur Verfügung stellen, damit diese qualifiziert ihren eigenen Unterricht auch mit digitalen Medien gestalten und die Forderung nach Inklusion noch besser erfüllen können.

Dem Web-Based-Training liegt zugrunde, das adaptive digitale Tools unverzichtbare Möglichkeiten bieten, die Lernenden entsprechend ihrer Individualität im Unterricht zu begleiten, ihnen Hilfestellungen zu geben und sie herauszufordern. So können in heterogenen Unterrichtsgruppen persönliche Lernwege besser angebahnt und unterstützt werden (Huwer & Eilks, 2017; Kranz & Tiemann, 2022; Böhmig, 2015).

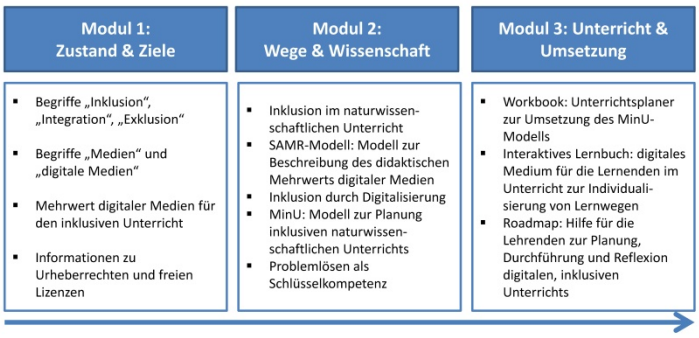


Abb.1: Modularer Aufbau des Web Based Training (Kranz, Trense & Tiemann, 2023)

Modul 1: Zustand & Ziele
Nach einem einführenden, virtuellen Experiment werden Lern- und Sozialkonzepte, der weite Inklusionsbegriff, die Bedeutung der (digitalen) Medien und der rechtliche Rahmen ausgeschärft (KMK, 2016; KMK, 2015; Budde & Hummrich, 2012).

Modul 2: Wege & Wissenschaft
Für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht sind zwei Modelle wegweisend: das SAMR-Modell (Puentedura, 2015) und das Modell für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (MinU) (Kranz & Tiemann 2022). Das SAMR-Modell beschreibt den Innovationsgehalt digitaler Medien und erlaubt eine Reflexion der eingesetzten Tools.

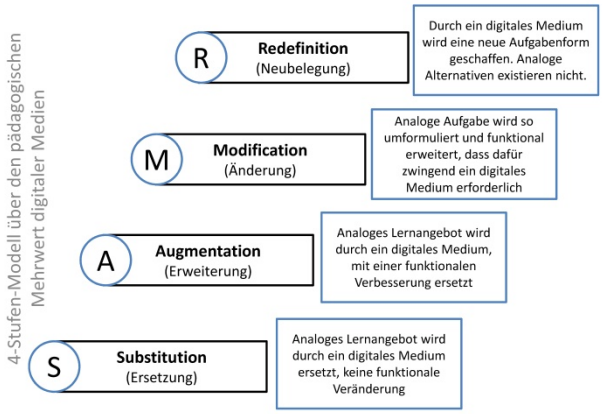


Abb. 2: SAMR-Modell (Puentedura, 2015)

Die drei Schritte des Modells für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (MinU) bilden eine wissenschaftlich abgesicherte Grundlage zur Planung inklusiven Unterrichts.

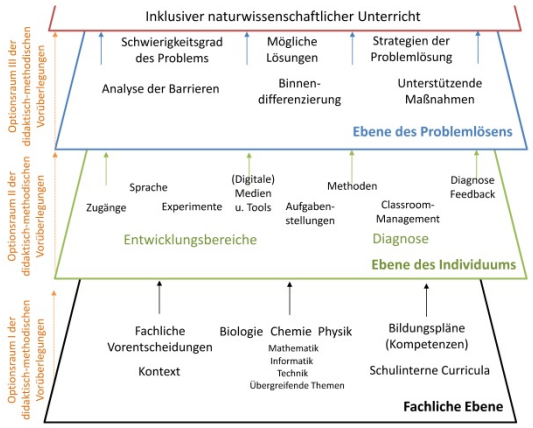


Abb. 3: Modell für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts (MinU)

Modul 3: Umsetzung & Unterricht

Das Modul 3 bietet direkte, praktische Unterstützung für die Unterrichtsplanung. Eine praxiserprobte Lernumgebung, die ein interaktives Lernbuch (Multitouch-Learning-Book) (Kranz & Trense, 2022; Huwer & Eilks, 2017) nutzt, zeigt beispielhaft die Umsetzung für den Unterricht. Eine Roadmap verdeutlicht den Weg einer qualifizierten Schrittfolge zur Planung einer inklusiven Lernumgebung. Bestandteil der Roadmap ist ein Workbook, in dem Schritt für Schritt das Modell für den inklusiven Unterricht mit digitalen Medien (MinU) Anwendung findet. Eine Checkliste ermöglicht die Reflexion der inklusiven Aspekte.

Blended-Learning-Fortbildungen zum WBT

Zu dem WBT werden im Blended-Learning- Format (Gerner, Jahn, & Schmidt, 2010; Mandl & Koop, 2006) dreiteilige Fortbildungen der Siemens-Stiftung, der iMINT-Akademie und der HU angeboten. In einer Auftaktveranstaltung wird mit einer Forschungsfrage in eine inklusiv gestaltete Lernumgebung eingeführt, die Unterstützung via WBT vorgestellt und den Lehrkräften die Aufgabe gestellt, eigenständig eine entsprechende, inklusive Lernumgebung unter Nutzung digitaler Medien zu gestalten. Nach einem Online-Beratungstermin werden im 3. Teil diese dann vorgestellt und diskutiert (Voigt & Tiemann, 2021).

Evaluation des WBT

Die Evaluation folgt dem Design-Based-Research-Ansatz (Klees & Tillmann, 2015). Die Materialien und die Lernumgebung werden über ein Expertenrating (N = 24) zum WBT und zur Fortbildung analysiert. Begleitende Interviews schärfen die Beurteilungen der Experten aus. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Lehrkräfte die Begrifflichkeiten rund um die Inklusion beherrschen. Im Modul 2 zeigt sich aber auch, dass wissenschaftliche Grundlagen zur Planung digital-inklusiven Unterrichts weitgehend fehlen. Die Rückmeldungen, hier Material an die Hand zu bekommen, sind durchweg positiv.

Literaturverzeichnis

Böhmig, S. (2015). Tablets in der Schule. Welche Rolle spielt Technik im Lernprozess? *In: Digitale Me-dien im inklusiven Einsatz, barrierefrei kommunizieren. Berlin: tjfbg*.

Budde, J., & Hummrich, M. (2012). Reflexive Inklusion: Abgerufen unter https://www. inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/193/199 (20.10.2019)

Hesse, F.W & Mandl, H. (2000). Neue Technik verlangt neue pädagogische Konzepte. Empfehlungen zur Gestaltung und Nutzung von multimedialen Lehr- und Lernumgebungen. Gütersloh: Verlag Bertelsmann-Stiftung

Huwer, J. & Eilks, I. (2017). Multitouch Learning Books für schulische und außerschulische Bildung. In J. Messinger-Koppelt, S. Schanze & J.·Gross (Hg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 81−94). Hamburg: J. Herz Stiftung.

Gerner, V., Jahn, D., & Schmidt, C. (2010). Blended Learning: Die richtige Mischung macht's! Ein praktischer Ideengeber für digital unterstützte Lehr-/Lernkonzepte. *Leitfaden. FAU Erlangen-Nürnberg, Hochschule Ansbach.*

Klees, G., & Tillmann, A. (2015). Design-Based-Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. Entwicklung, Implementierung und Wirkung einer multimedialen Lernumgebung im Biologieunterricht zur Optimierung von Lernprozessen im Schülerlabor. *In: Journal für Didaktik der Biowissenschaften, 6.*

Kranz, J. & Tiemann, R. (2021). Multitouch-Learning-Books im Chemieunterricht, *MNU-Journal.* 03.2021 (S. 240-245). Neuss: Verlag Klaus Seeberger.

Kranz, J. & Tiemann, R. (2023). The Next Level in Inclusive Chemistry Education: A Model Approach Using a Multitouch Learning Book. p141-151. In: Dorit, Y., Ngai & Szteinberg, G. *Digital Learning and Teaching in Chemistry. Advances in Chemistry Education Series. Royal Society of Chemistry*. https://doi.org/10.1039/9781839167942

Kranz, J. & Trense, S. (2022). Web-Based-Training. Medienportal der Siemens-Stiftung. München. Abgerufen von: https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/fortbildungen/kurse/inklusion/ueber-den-kurs

Kultusministerkonferenz (KMK). (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt*.

Kultusministerkonferenz (KMK). (2016). *Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Puentedura, Ruben R. (2015): SAMR - A Brief Introduction. Abgerufen von: http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf, (09.11.2019)

Reinmann-Rothmeier, G , & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. Weinheim: Beltz.

Seitz, S. (2018). Forschung zu inklusivem Sachunterricht – Bestandsaufnahme und Perspektiven. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider, S. 96-111.

Voigt, L. & Tiemann, R. (2021). MiC - Ein Modell, dass Ihnen das inklusive Unterrichten im Fach Chemie erleichtert. Masterarbeit. HU-Berlin

Weinberg, J. (2000). Einführung in das Studium der Erwachsenenbildung. Klinkhardt. https://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-1999/weinberg99_01.pdf

Wiesner, H., & Wiesner, A. (2010). Web 2.0 & Schule: Interaktive und gendersensitive Lernszenarien im Schulkontext. In: H. Wiesner (Ed.), *Grundfragen Multimedialen Lernens und Lehrens. E-Kooperationen und E-Praxis* (p.. 151-165). Münster: Waxmann.

Sandra Unger[1]
Cornelia Borchert[2]
Gesa Heinrich[1]
Kerstin Höner[1]

[1]Technische Universität Braunschweig
[2]Universität Bielefeld

Inklusion im Chemieunterricht bereits in der Lehrer*innenbildung anbahnen: Eine Lehrintervention zu Sprachsensibilität

In einer „Schule der Vielfalt“ (KMK & HRK, 2015, S. 1) ist Inklusion auch Aufgabe des Chemieunterrichts und damit Vermittlungsgegenstand der Lehrer*innenbildung. Durch die hohen fachsprachlichen Anforderungen, die der Chemieunterricht an Lernende stellt, ist Sprachsensibilität eine wichtige Facette inklusiven Unterrichts. An der Technischen Universität Braunschweig wurde das Thema ‚Inklusion und Sprachsensibilität im Chemieunterricht‘ durch das Projekt „Inklusion Plus“ in der chemiedidaktischen Lehre eingebunden.

Sprachsensibler Unterricht. Für Schüler*innen kann u.a. „das Verstehen und Produzieren naturwissenschaftlicher Fachsprache eine Herausforderung“ (Schroeter-Brauss et al. 2018, S. 130) darstellen. Sprache kann als eine Barriere im Fachunterricht verstanden werden, die mit inklusiven Ansätzen überwindbar ist. Diese Barriere ist auf allen Kommunikationsebenen zu finden: sprechen, hören, lesen und schreiben (Beese und Siems 2015). Lehrpersonen spielen hier eine entscheidende Rolle zur Reduktion der Barriere: Durch ihre professionelle Handlungskompetenz können sie einen partizipativen Chemieunterricht für alle Schüler*innen - unabhängig von deren sprachlichen Fähigkeiten - ermöglichen. Bedingungen dafür sind (1) das Bewusstsein um Vielfalt in der Schüler*innenschaft, (2) professionelle Reflexionskompetenz, um das eigene Handeln empirisch fundiert gestalten, reflexiv evaluieren und situationsangemessen anpassen zu können (Bauer et al. 2015; vgl. KMK, 2004; Wilkes & Stark 2022) und (3) die Bereitschaft, entsprechend zu handeln.

Das Projekt „Inklusion Plus“. Ziel des Projekts war es, eine nur wenige Sitzungen umfassende und in schulexperimentelle Veranstaltungen implementierbare Lehrintervention zu Inklusion und sprachsensiblem Chemieunterricht zu entwickeln. Die Intervention wurde im SoSe 2023 in das 2-SWS-Seminar ‚Einfache naturwissenschaftliche Experimente‘ eingebettet, in dem Studierende bisher Schulexperimente erprobten und Protokolle erstellten. Ziel der Intervention war es, dass sich die Studierenden ein Portfolio an Handlungsmöglichkeiten für die adaptive Unterrichtsgestaltung erarbeiten (z.B. Gestaltungshinweise für Arbeitsblätter, partizipative Unterrichtsmethoden).

Erprobung von Schulexperimenten und Schreiben von Protokollen							Lehrintervention: Erprobung und Reflexion von Methoden des sprachsensiblen Fachunterrichts anhand von Schulexperimenten						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
							Prä-Test	L1: Inklusion	L2: Hören, Sprechen	L3: Lesen	L4: Schreiben	L5: Sequenz	Post-Test

Abb. 1. Einbettung der Lehrintervention und der ersten beiden Messzeitpunkte in die 14 Sitzungen des Seminars „Einfache naturwissenschaftliche Experimente“.

Abb. 1 zeigt den Ablauf des Seminars mit der Intervention. Der Schwerpunkt der ersten Semesterhälfte lag wie bisher auf der Durchführung und Dokumentation einfacher Schulexperimente. Die Lehrintervention schloss daran mit 5 Sitzungen (L1 bis L5) an, in denen die Schulexperimente mit Lerninhalten zu Inklusion und sprachsensiblem Fachunterricht kombiniert wurden. Auf eine Einführung zur Relevanz von Inklusion (L1) folgten Sitzungen zu den Schwerpunkten Hören & Sprechen (L2), Lesen (L3) und Schreiben (L4). Die Koppelung an Schulexperimente bot den Vorteil, dass die Methoden anhand fachspezifischer Beispiele eingeführt und an konkreten Experimenten erprobt und reflektiert werden konnten. In der letzten Sitzung (L5) wandten die Studierenden ihre erworbenen Kenntnisse auf eine kleinen Unterrichtssequenz mit einem Experiment an. Die sprachsensible Sequenz und Versuchsvorschrift erstellten sie in Gruppenarbeit und erprobten sie mit ihren Kommiliton*innen. Im Anschluss erfolgte eine Reflexion.

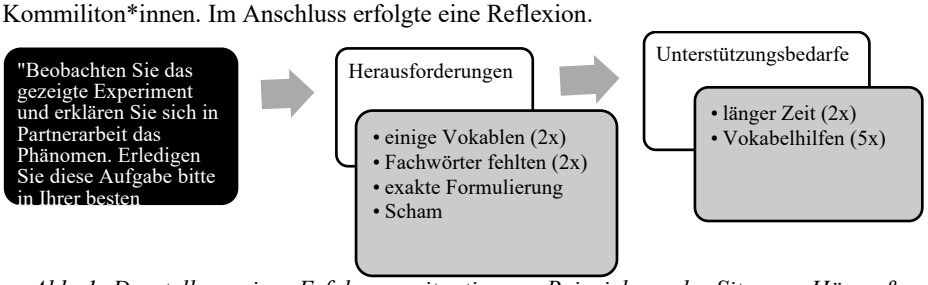


Abb. 1: Darstellung einer Erfahrungssituation am Beispiel aus der Sitzung „Hören & Sprechen" und anschließender Reflexion mit Auswahl an Antworten. (eigene Abbildung)

Eine Besonderheit der Lehrintervention waren zudem die Erfahrungssituationen, von denen je eine pro Sitzung vorgesehen ist. Ähnlich zum „Seitenwechsel" von Rautenstrauch (2020) war es Ziel der Erfahrungssituationen, dass die Teilnehmenden potentielle (sprachliche) Probleme von Schüler*innen im Chemieunterricht antizipieren, indem sie selbst in eine sprachlich herausfordernde Lage gebracht wurden. In der Reflexion der Erfahrung wurden die Studierenden aufgefordert, Schwierigkeiten und Unterstützungsbedarfe zu benennen (siehe Abb. 1).

Forschungsfrage. Das Seminar wurde anhand der folgenden Frage evaluiert:
Inwieweit lassen sich durch die Lehrintervention Fähigkeiten, Einstellungen und die Selbstwirksamkeit der Studierenden hinsichtlich sprachsensiblen Unterrichts fördern?

Erhebungsdesign. Die Intervention wurde in einem *mixed methods*-Ansatz mit Prä-Post-Test (vgl. Abb. 1) und Follow-Up-Erhebung 6 - 8 Wochen nach Ende des Seminars evaluiert, um ihre Wirksamkeit einzuschätzen. Dabei wurden qualitative und quantitative Daten zur Einstellung zu Inklusion (EZI) (Kunz et al. 2010), zur Selbstwirksamkeit in Bezug auf Vorbereitung und Durchführung von Unterricht in heterogenen Klassen (KUS-HL) (Siegemund et al. 2020) und zur Performanz der Studierenden erhoben. Die Performanz wurde mithilfe einer Versuchsvorschrift erhoben, in die vorab fachdidaktische Unzulänglichkeiten hinsichtlich eines inklusiven und sprachsensiblen Unterrichts eingebaut wurden (vgl. die fachdidaktischen Provokationen von Masanek, 2018). Die Studierenden untersuchten die Vorschrift auf sprachliche Herausforderungen, nahmen Stellung, ob sie sie im Unterricht einsetzen würden, und beschrieben Verbesserungsvorschläge. Der Fokus der Follow-Up-Interviews lag auf den Einstellungen und der Selbstwirksamkeit der Studierenden.

Erste Ergebnisse. Im SoSe 2023 nahmen zehn Studierende teil, von denen neun vollständige Prä-Post-Datensätze vorliegen. Durch die kleine Stichprobe zeigen sich lediglich Tendenzen.

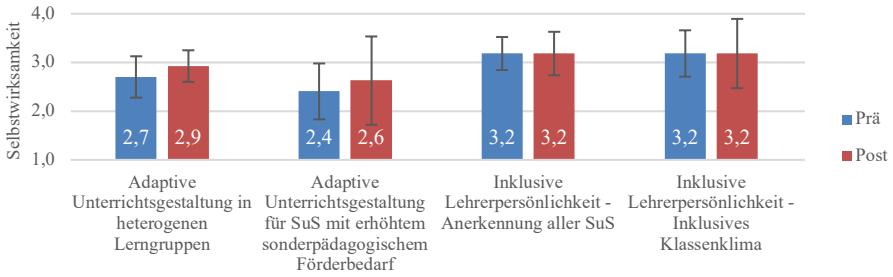


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Selbstwirksamkeit der Studierenden (n = 9) vor und nach dem Seminar (KUS-HL, Siegemund et al., 2020), erhoben auf einer Rating-Skala von 1: trifft gar nicht bis 4: trifft voll und ganz zu. (eigene Abbildung)

Die Selbsteinschätzungen der Studierenden zur **Selbstwirksamkeit** (SW) liegen im mittleren Bereich (vgl. Abb. 2). Tendenziell fällt die SW zur inklusiven Lehrerpersönlichkeit etwas höher aus als zur adaptiven Unterrichtsgestaltung. Eine positive Tendenz zum zweiten Messzeitpunkt lässt sich lediglich bei der adaptiven Unterrichtsgestaltung feststellen. Dies ist nicht verwunderlich, denn der Fokus der Intervention sowohl bei den Methoden als auch den erprobten Unterrichtssequenzen auf der adaptiven Unterrichtsgestaltung, nicht der Lehrperson.

Die vorläufige Auswertung der **Performanztests** zeigt, dass sich fast alle Studierenden über die Lehrintervention verbesserten (vgl. Abb. 3); eine Person erreichte in dieselbe Punktzahl. Mit den im Prä-Test durchschnittlichen 3,5 (s = 1,8) und im Post-Test 4,6 Punkten (s = 1,0) liegen die Fähigkeiten im unteren bis mittleren Bereich des Tests.

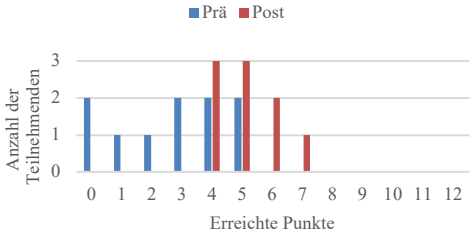


Abb. 3: Punkte im Performanztest (n = 9); maximal erreichbare Punktzahl: 12. (eigene Abbildung)

Die **Evaluation** der Intervention fiel insgesamt positiv aus. Sie wurde als ‚eher gut' bis ‚sehr gut' bewertet. Die Anzahl und Art der Methoden wurde ebenfalls positiv als weitestgehend einfach in den Unterricht einzubauen und an der Praxis orientiert bewertet. Die größte Kritik, die in den Follow-Up-Interviews von allen Teilnehmenden geäußert wurde, war die zu kurze Zeit, die dem Thema im Studium eingeräumt wird. Auch die Zeit, die dem Thema im Seminar gewidmet wurde, wurde als noch nicht ausreichend empfunden.

Fazit. Erste positive Tendenzen in Performanz und Selbstwirksamkeit der Studierenden für adaptive Unterrichtsgestaltung deuten darauf hin, dass die Teilnahme derartigen Lehrintervention zu sprachsensiblem Chemieunterricht förderlich ist. Gerade die Forderung nach mehr Zeit für das Thema im Studium zeigt die Offenheit und das Interesse der Studierenden gegenüber Inklusion und sprachsensiblem Fachunterricht.

Literaturverzeichnis

Bauer, J., Prenzel, M. & Renkl, A. (2015). Evidenzbasierte Praxis – im Lehrerberuf?! Einführung in den Thementeil. Unterrichtswissenschaft 43, 188–192.

Beese, M. & Siems, M. (2015). Fachsprache konkret: Zentrale Elemente von Sprache im textsorten- und operatorenbasierten Unterricht in den Naturwissenschaften. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.): Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern (S. 93–104). Fillibach bei Klett.

Busch, H. & Ralle, B. (2013). Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen (S. 277–294). Waxmann.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014).

Kultusministerkonferenz (KMK) & Hochschulrektorenkonferenz (HRK) (2015). Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt. Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2015/ Beschluss der Hochschulrektorenkonferenz vom 18.03.2015).

Kunz, A., Luder, R. & Moretti, M. (2010). Die Messung von Einstellungen zur Integration (EZI). Empirische Sonderpädagogik 2(3), 83-94.

Masanek, N. (2018). Vernetzung denken und vernetztes Denken. Eine empirische Erhebung im Rahmen von Kooperationsseminaren. heiEDUCATION Journal, 1-2, 151-173.

Rautenstrauch, H. (2020). Sensibilisierung für die Thematik inklusive Bildung im Chemielehramtsstudium. k:ON - Kölner Online Journal für Lehrer*innenbildung, 2(2), 233-253.

Schroeter-Brauss, S., Henrici, L. & Wecker, V. (2018). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Einführung (1. Aufl.). Waxmann.

Siegemund, S., Knigge, M. & Rotter, C. (2020). Entwicklung der Kurzskala zur Selbstwirksamkeit im Umgang mit heterogenen Lerngruppen (KUS-HL). Reanalysen der Skalen von Kopp (2009) und Validierung der Kurzskala. Empirische Sonderpädagogik 12(1), 27-44.

Wilkes, T. & Stark, R. (2022). Probleme evidenzorientierter Unterrichtspraxis. Unterrichtswiss. 51, 289–313.

Das Projekt „Inklusion Plus“ wird gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur in der Förderlinie „Innovative Lehr- und Lernkonzepte: Innovation Plus“, 2023-2024.

Timm Fuhrmann[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität

Perspektiven der Lernenden auf inklusiven NAWI-Unterricht

Einleitung

Der Bedarf nach konkreten Handlungsempfehlungen für die alltägliche Gestaltung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts im Sinne eines weiten Inklusionsverständnisses ist permanent spürbar. Dabei rücken die fachbezogenen Aspekte, die bislang nur wenig Beachtung in der Forschung zu inklusivem Fachunterricht gefunden haben, zunehmend in den Fokus. Speziell für den inklusiven naturwissenschaftlichen Fachunterricht sind es die fach- und gegenstandspezifischen Überlegungen (Prediger & Aufschnaiter, 2017) sowie die inklusionspädagogischen Zielsetzungen (Stinken-Rösner et al., 2020; Booth & Ainsocw, 2016), die gleichberechtigt für die Planung von Naturwissenschaftsunterricht berücksichtigt werden müssen. Diese Notwendigkeit ergibt sich ferner auch durch die teilweise kritischen Ergebnisse für den naturwissenschaftlichen Unterricht bei den internationalen und nationalen Vergleichsstudien (u.a. IQB Bildungstrend, 2023; PISA, 2018), die das Dilemma Fachleistung vs. Partizipation befeuern.

Ein Ansatz zur Vernetzung beider Perspektiven wird im Schema des Netzwerkes inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU) vorgeschlagen (Stinken-Rösner et al., 2020). Die sich an den Knotenpunkten des Schemas ergebenden Fragestellungen in Form eines Unterstützungsrasters ermöglichen eine Anwendung im Rahmen der Unterrichtsplanung für Fachlehrer:innen (Ferreira-González et al., 2021). Im angestrebten Vorhaben geht es um den Einbezug des lernenden Subjekts und die Vermutung, dass die Schüler:innen eigene Perspektiven auf diese Planungsfragen haben, die neue Hinweise und Orientierungen für die Planung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts bieten könnten. Grundsätzlich spielt die Orientierung an Schüler:innenperspektiven über die Erhebung von Interessen, Lernvoraussetzungen und Schüler:innenvorstellungen für die Fachdidaktiken der naturwissenschaftlichen Fächer schon lange eine entscheidende Rolle (u.a. Baalmann, et al., 2004) und auch vielfältige Evaluationen beziehen die Schüler:innenperspektive mit ein. In Hinblick aber auf die bestehende Herausforderung, eine inklusive Umsetzung für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu realisieren, könnte eine Orientierung an den Perspektiven der Schüler:innen zu den jeweiligen Knotenpunkten des Unterstützungsrasters eine große Chance bedeuten. Lernen ist eine sehr persönliche Angelegenheit, die mit vielschichtigen Erfahrungen und Bedeutungen einhergeht, was die Lernenden zu ganz eigenen Experten:innen für Unterricht macht. Eine lernseitige Orientierung (Agostini et al., 2018) macht die Perspektiven der Lernenden wahrnehmbar und nutzbar für die Ausgestaltung von Lehr- und Lernarrangements. Eine Exploration der Perspektive der Lernenden auf eine inklusive Umsetzung naturwissenschaftlichen Unterrichts ist im Kontext der bisherigen Unterrichtsforschung kaum umgesetzt und als aufschlussreich einzuschätzen.

Forschungsfragen und theoretischer Hintergrund

Die Studie möchte subjektive Sichtweisen und Einschätzungen von Schüler:innen auf inklusiven NAWI-Unterricht explorieren. Dazu wird aktuell umfangreiches Material in Form von Videovignetten generiert, welches einen differenzierten Blick auf die Zusammenhänge des Fachunterrichts zulässt. Die Vignetten selbst sollen andere Lernende aufgrund ihrer Vorerfahrungen und eigenen Sensibilität auffordern, stimulieren, anziehen oder abstoßen und sich so als Erzählanstoß und als Ausgangspunkt für eine vertiefende Befragung eignen können. Das explorative Vorgehen soll dazu beitragen, eventuell unbekannte und bisher vernachlässigte Perspektiven und Einschätzungen zur Ausgestaltung inklusiven NAWI-Unterrichts aufzuzeigen.

Entsprechend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Welche Perspektiven haben die Lernenden auf ausgewählte Momente einer Lernerfahrung im inklusiven NAWI-Unterricht?
- Welche Hinweise und Bedingungen lassen sich daraus für inklusiven NAWI-Unterricht ableiten?

Damit Lernmomente überhaupt erfasst werden können, ist ein inklusives Lernarrangement entwickelt worden. Dazu wurden vielfältige Forschungsbestrebungen berücksichtigt, die konkrete Hinweise auf Gelingensbedingungen für den inklusiven NAWI-Unterricht liefern. Grundlegend sind Forschungsbestrebungen, die sich mit unterrichtlichen Adaptionen und Strategien für inklusives naturwissenschaftliches Lernen auseinandersetzen. Dazu wird vor allem die experimentelle Bearbeitung von naturwissenschaftlichen Problemstellungen im Sinne von inquiry-based science education fokussiert (Bolte & Rauch, 2014; Scruggs & Mastropieri, 2007). Untersuchungen liefern Hinweise, dass speziell dem Ansatz des Forschenden Lernens ein großes Potential für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zuzuschreiben ist (Hofer et al., 2018; Abels, 2015). Da die angestrebte Beforschung einen Beitrag zur Unterrichtsentwicklung in der Verknüpfung von inklusionspädagogischen Zielsetzungen und naturwissenschaftlichen Inhalten leisten möchte, sind bestehende Unterrichtskonzeptionen und Evaluation relevant (Rott & Marohn, 2018). Das Universal Design for Learning (UDL) bietet auf Grundlage der aktuellen Lernforschung Vorschläge zur Gestaltung inklusiver Lernumgebungen (Nehring & Walkowiak, 2017; Schlüter & Melle, 2017). Bei der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen spielen ferner Differenzierungsstrategien eine entscheidende Rolle, deren bisherige Beforschung zu berücksichtigen ist. Wichtig für das eigene Vorhaben sind die Hinweise, dass sich u.a Symbolik, leichte Sprache, Strukturierung, authentische Kontexte und Peer-tutoring als effektiv herausgestellt haben, um Schüler:innen in ihren speziellen Bedürfnissen zu unterstützen (Rott, 2018; Nehring & Walkowiak, 2017; Villanueva et al., 2012). Das eigene Vorhaben orientiert sich zudem an den Leitfragen unter dem Knotenpunkt naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben und Partizipation ermöglichen. Die konkreten Handlungshinweise des Kategoriensystems inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht sind durch die umfassende Systematisierung 15 naturwissenschaftlicher Charakteristika grundlegend für die aktuelle Untersuchung (Brauns & Abels, 2021). Auf der Grundlage der angesprochenen Theorien und Forschungsbestrebungen wurde ein inklusives Lernarrangement zum Thema „Bewegung, Kraft und Energie – Energie übertragen mit Rampen“ entwickelt.

Forschungsdesign

Für die Videostudie wurden Schüler:innen bei der Bearbeitung des genannten Lernarrangements gefilmt. Die Stichprobe rekrutiert sich aus inklusiven MINT-Schulen in Hamburg. Für die Videostudie konnten zwei Gruppen rekrutiert werden: Eine Gruppe mit vier Schülern und eine Gruppe mit drei Schülerinnen. Die Videos werden anschließend in Vignetten überführt und als Erzählimpuls in Fokusgruppen und Einzelinterviews mit Lernenden einer anderen Schule eingesetzt. Dazu ist eine zweite Rekrutierung in Hamburg vorgesehen. Geplant sind 25 Einzelinterviews sowie fünf Fokusgruppen mit jeweils vier Schüler:innen. Für die Interviews spielen die Leitfragen (NinU-Schema) und Handlungshinweise (KinU) eine wichtige Rolle, da sich flankierende offene Fragen im Sinne eines episodischen Interviews (Flick, 2011) daraus ableiten lassen (vgl. Abb. 1).

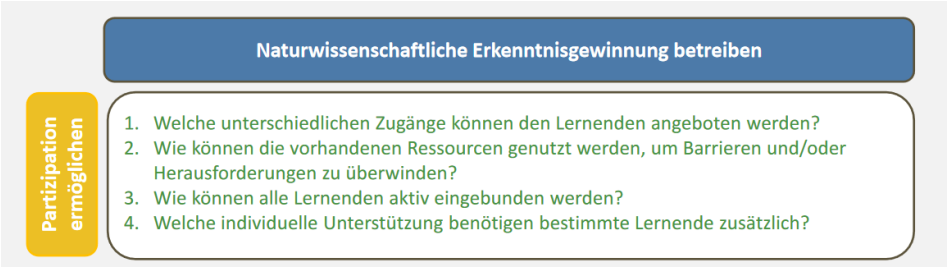


Abb. 1: Auszug aus dem NinU-Unterstützungsraster: Leitfragen zur Planung und Reflexion von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht (in Anlehnung an Fühner et al., 2022; verändert nach Stinken-Rösner et al., 2020 und Ferreira-González et al., 2021)

Lassen sich aus der Videostudie und den episodischen Interviews zu den generierten Videovignetten durch eine Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) Kategorien bilden, sollen diese in Items übersetzt und anderen Schüler:innen (N = 500) über einen Fragebogen verfügbar gemacht werden. Nach der erfolgreichen Erprobung des inklusiven Lernarrangements in Form einer ersten Videoerhebung mit Student:innen an der Leuphana Universität konnten die zwei genannten Gruppen von Schüler:innen erfolgreich bei der Bearbeitung der entwickelten Aufgabe gefilmt werden.

Implikation

Die differenzierten Einblicke in die Zusammenhänge des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sich durch die Videostudie und die Interviews ergeben könnten, liefern nicht nur Hinweise dazu, wie etablierte Handlungshinweise von Schüler:innen wahrgenommen werden, sondern ergänzen womöglich auch das Repertoire an Gelingensbedingungen durch die Bildung neuer Kategorien. Aussagen von Student:innen bei der Pilotierung und auch von Schüler:innen während der Videoaufnahmen haben gezeigt, dass die Leitfragen (vgl. Abb. 1) unter anderen Gesichtspunkten zusätzlich reflektiert werden können, um letztendlich Lernangebote differenzierter auszulegen. Grundsätzlich wird es von den Interviews abhängen, ob eine Bildung von Kategorien, die sich in Items übersetzen und quantitativ bestätigen lassen, überhaupt möglich ist. Nur so kann es über Annahmen und vereinzelte Aussagen hinausgehen.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. New Developments in Science Education Research, (November), 77–95.

Agostini, E., Schratz, M. & Risse, E. (2018). Lernseits denken – erfolgreich unterrichten. Personalisiertes Lehren und Lernen in der Schule. AOL Verlag.

Aufschnaiter, C. v., & Prediger, S. (2017). Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen aus fachdidaktischer Perspektive: Fachspezifische Anforderungs- und Lernstufungen berücksichtigen. In T. Bohl, J. Budde, & M. Rieger-Ladich (Hrsg.), Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht (S. 291–307). Klinkhardt.

Bolte, C., & Rauch, F. (2014). Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' Continuous Professional Development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission. Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria- Universität Klagenfurt (Austria).

Booth, T., & Ainscow, M. (2016). Index for Inclusion – Developing learning and participation. Index for Inclusion Network.

Brauns, S. & Abels, S. (2021). Validation und Revision of the Framework for Inclusive Science Education, Working Paper No. 1/2021, 1–31. Leuphana University Lüneburg, Science Education

Ferreira González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 191–215). Beltz Juventa.

Flick, U. (2011). Triangulation - Eine Einführung. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education – a contradiction?. RISTAL, 1, 51–65.

Nehring, A., & Walkowiak, M. (o. J.). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. Zeitschrift für Inklusion. Abgerufen 26. Oktober 2023, von https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/450

Rolff, H.-G. (2007). Studien zu einer Theorie der Schulentwicklung. Beltz: Weinheim.

Rott, L. (2018). Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren. Die Unterrichtskonzeption „choice2explore" (Bd. 4). Logos Verlag.

Rott, L., & Marohn, A. (2016). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben—Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. Zeitschrift für Inklusion, 4.

Schlüter, Ann-Kathrin; Melle, Insa (2017). Luft ist komprimierbar. Beispiele für die Umsetzung des Universal Design for Learning. In Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 28, 162, S. 36-39

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, Jahrgang 3, 30–45.

Mayring, P. (2015). Neuere Entwicklungen in der qualitativen Forschung und der Qualitativen Inhaltsanalyse. In Mayring, P. & Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.), Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse (S. 7–19). Weinheim Basel.

Villanueva, M. G., Taylor, J., Therrien, W., & Hand, B. (2012). Science education for students with special needs. Studies in Science Education, 48 (March 2015), 187–215.

Florian List[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Transformation von Schule durch inklusiven Nawi-Unterricht

In einer sich beständig verändernden Welt muss auch das deutsche Schulsystem den Weg der Transformation beschreiten und aktuellen sowie zukünftigen Herausforderungen mit Schulentwicklungsprozessen begegnen. Transformation von Schule ist in mannigfaltigen Bereichen notwendig: Digitalisierung und KI, Inklusion, Nachhaltigkeit, Sprachförderung, Curriculumsentwicklung, Entwicklung von Zukunftskompetenzen etc. (Bertelsmann Stiftung, CHE, Robert Bosch Stiftung & Stifterverband, 2023). Auf dem Weg zu einer Schule der Zukunft, die diesen Herausforderungen lösungsorientiert und resilient gegenübersteht, sollten Praktiker*innen und Forschende eng zusammenarbeiten, um einem Theorie-Praxis-Gap entgegenzuwirken (Wildt, 2006). Diese Entwicklung befördert die Leuphana Universität Lüneburg mit der Gründung der Community „Schulentwicklung und Leadership“, in der Entscheider*innen aus Schulen gemeinsam mit Forschenden und außerschulischen Bildungsakteur*innen zusammenkommen. Die Community ist Teil des Großprojekts „TrICo – Transformation durch Innovation und Kooperation in Communities"[2], das im Rahmen der Bund-Länder-Initiative „Innovative Hochschule“ gefördert wird. Thematische Schwerpunkte der Community „Schulentwicklung und Leadership“ liegen in den Bereichen Führung im Sinne eines „Leadership for Learning“, Digitalisierung sowie Inklusion am Beispiel von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht. In diesen Bereichen werden Herausforderungen in der Praxis identifiziert, Wissen ausgetauscht und gemeinsam Lösungsansätze entwickelt, um aktuelle Transformationsprozesse und zukünftige Herausforderungen kooperativ zu adressieren. Diese Lösungsansätze sollen erprobt, evaluiert und weiterentwickelt werden, um schließlich auch anderen Schulen zur Verfügung gestellt zu werden. Dieser Beitrag nimmt exemplarisch den Transformationsprozess von naturwissenschaftlichem hin zu inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht im Sinne von Schulentwicklung durch Unterrichtsentwicklung (SdU) in den Blick.

Theoretischer Hintergrund

Maag Merki (2016) unterscheidet drei Kernelemente der Schulentwicklung: die Unterrichts-, Personal- und Organisationsentwicklung, die einander wechselseitig bedingen und zusammenwirken. Das Kernelement der Unterrichtsentwicklung wird als „der systematische, zielgerichtete und selbstreflexive Prozess der am Unterricht beteiligten Akteure, besonders der Lehrpersonen und Schüler […]“ (Maag Merki, 2016, S.44) verstanden, der von verschiedenen Rahmenbedingungen wie beispielsweise vorhandenen Ressourcen abhängig ist. Unterrichtsentwicklung zielt auf eine verbesserte Unterrichtsqualität und auf gerechtere Lernbedingungen für die Schüler*innen ab (Maag Merki, 2016). Dieses bietet einen Anknüpfungspunkt zur Zielsetzung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht (inU). Im inU soll – im Sinne eines weiten Inklusionsverständnisses – allen Lernenden die Partizipation an fachspezifischen Lernprozessen ermöglicht und damit die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gefördert werden (Menthe et al., 2017). Um diesem Ziel näher zu kommen, schlagen Mitglieder des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)[3] ein systematisches Vorgehen vor (Stinken Rösner et al., 2020; Ferreira González et

[2] Weitere Informationen zum TrICo Projekt unter www.leuphana.de/trico weitere Informationen zur Bund-Länder-Initiative „Innovative Hochschule“ unter https://www.innovative-hochschule.de
[3] Online-Auftritt des NinU unter https://www.cinc.uni-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/ninu

al., 2021). Dies wird durch eine Verschränkung von Merkmalen naturwissenschaftlichen Unterrichts nach Hodson (2014) wie beispielsweise *Erkenntnisgewinnung betreiben* mit Prinzipien inklusiven Unterrichtens wie *Diversität anerkennen, Barrieren erkennen und minimieren* etc. ermöglicht (Stinken-Rösner et al., 2020; Ferreira González et al., 2021). Abels und Witten (2023) werben in Anlehnung an Krönig (2015) zudem für ein Umdenken hinsichtlich Barrieren, die vor allem im Lerngegenstand bzw. der Lernumgebung statt in den Schüler*innen zu verorten sind. Ein solcher Perspektivwechsel soll dazu beitragen, dass den Lernenden gegenüber weniger Zuschreibungen erfolgen und sich darauf aufbauend die Lehrenden Schritt für Schritt einem weiten Inklusionsverständnis annähern (Abels & Witten, 2023). Somit könnte möglicherweise durch Unterrichtsentwicklung hin zu inU der Transformationsprozess zu einer inklusiveren (Einzel-)Schule unterstützt und vorangebracht werden.

Forschungsdesign

Um in der Praxis auftretende Herausforderungen zu identifizieren und gemeinsam an Lösungsansätzen zu diesen Herausforderungen zu arbeiten, wird den Ideen eines Design-based Research und Open Innovation Ansatzes (Euler, 2014; Reinmann, 2020) gefolgt. Daran angelehnt wurde ein iterativer Forschungs- und Entwicklungsprozess in vier Phasen (Identify, Inform, Create und Discuss), entwickelt, der in Abb.1 dargestellt ist.

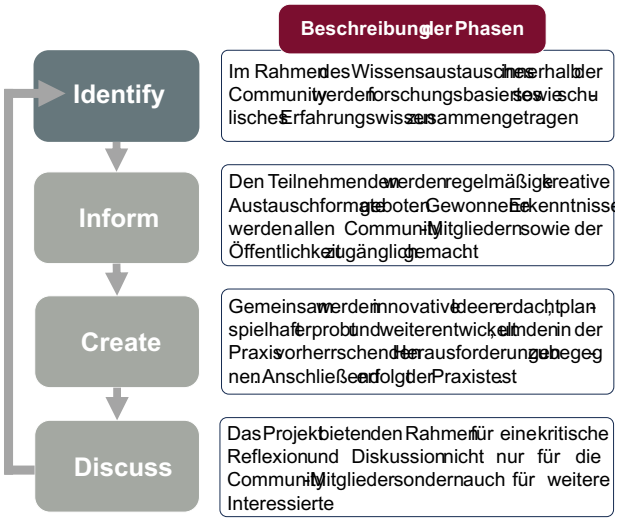


Abb. 1: Darstellung des iterativen Forschungs- und Entwicklungszyklus zur Zusammenarbeit in der Community „Schulentwicklung und Leadership" des TrICo-Großprojekts

Schulentwicklung durch Unterrichtsentwicklung (SdU) am Beispiel von inU

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des iterativen Forschungs- und Entwicklungszyklus exemplarisch für SdU am Beispiel von inU konkretisiert:

Identify

In der ersten Phase werden in der Praxis vorherrschende Herausforderungen in Bezug auf Inklusion, wie beispielsweise knappe (Personal-)Ressourcen sowie der hohe Aufwand durch Mehrfachdifferenzierung, im Austausch innerhalb der Community identifiziert. Aus fachdidaktischer Perspektive werden in Anlehnung an die Definition von Menthe et al. (2017) verschiedene Perspektiven auf und Ziele von inU dargestellt. Ergänzend wird im Sinne von Abels und Witten (2023) ein möglicher Perspektivwechsel hinsichtlich des Barriereverständnisses aufgezeigt, um sich gemeinsam einem weiten Verständnis von Inklusion anzunähern.

Inform
Um den Austausch zu gelebter Unterrichtspraxis und fachdidaktischem Wissen zu inU innerhalb der Community aber auch mit der interessierten Öffentlichkeit zu fördern, werden innovative Formate wie Ideation Jams, Open Spaces oder Barcamps angeboten. Diese finden in hybriden Settings am Leuphana Campus oder in den Off-Campus Labs der Community-Mitglieder statt. In Zusammenarbeit mit dem Leuphana Medienstudio werden zudem Studiotalks, beispielsweise zu Inklusion im Naturwissenschaftsunterricht, entstehen und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Create
In der Create-Phase werden die gemeinsam erarbeiteten Herausforderungen in Bezug auf Inklusion mit den Ideen zu inU zusammengeführt. Gemeinsam wird ein Konzept entwickelt, wie Lehrkräfte eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfachs ausgehend von den eigenen Unterrichtserfahrungen und in Kombination mit einem fachdidaktischen und inklusionspädagogischen Input ihren Unterricht hin zu inU transformieren und damit Schulentwicklung betreiben können. Interessierte Fachlehrkräfte können dieses Umdenken in einem geschützten Umfeld planspielhaft erproben, ihre Gedanken gemeinsam weiterentwickeln und anschließend in der Praxis anwenden und evaluieren.

Discuss
Im Sinne der Discuss-Phase ist neben dem Austausch in den oben genannten Formaten auch die Durchführung sogenannter Community School Conferences geplant, um die Erkenntnisse und evaluierten Lösungsideen aus den vorherigen Phasen an weiter Bildungseinrichtungen zu transferieren. Sowohl an dieser Stelle als auch innerhalb der anderen Phasen lassen sich immer wieder neue Gedanken oder Handlungsschritte ableiten, die dazu führen, dass an der einen oder anderen Stelle des DBR-Zyklus eine weitere Schleife gestartet wird.

Ausblick
Im Rahmen der Community „Schulentwicklung und Leadership“ wird unter anderem an der Transformation von naturwissenschaftlichem Unterricht hin zu inU gearbeitet. Durch diesen Entwicklungsprozess soll SdU betrieben und im Sinne eines iterativen Forschungsprozesses begleitet werden. Es ist zu untersuchen, inwiefern der Herausforderung beispielweise knapper (Personal-)Ressourcen und dem hohen Aufwand durch Mehrfachdifferenzierung durch ein Umdenken zur Umsetzung von Inklusion im Naturwissenschaftsunterricht mit einem veränderten Barriereverständnis entgegenzuwirken ist. Dabei ist angedacht, die Schritte dieses Umdenkens in Form eines Dissertationsvorhabens empirisch zu begleiten und den geplanten und dargelegten iterativen Forschungsprozess somit möglichst gewinnbringend zu ergänzen. Es stellt sich die Frage, wie sich SdU am Beispiel von inU befördern lässt. Oder konkreter: Wie wird ein theoretisch fundiertes, weites Verständnis von Inklusion in der Schulpraxis umgesetzt? Wie bewerten Lehrkräfte ihre eigene Planung und Umsetzung von inU, wenn sie sich am hier vorgeschlagenen Barriereverständnis orientieren? Wie unterscheidet sich diese Bewertung im Vergleich zu einem personenzentriert gestalteten naturwissenschaftlichen Unterricht? Die Erkenntnisse, die im Rahmen der Dissertation gewonnenen werden, fließen in die Community „Schulentwicklung und Leadership“ zurück.

Förderhinweis
Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03IHS284A gefördert. Die Verant–wortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Literatur

Abels, S., & Witten, U. (2023). Was Naturwissenschaftsdidaktiken und Religionspädagogik voneinander über Inklusion lernen können. Zeitschrift für Inklusion, (2). https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/716

Bertelsmann Stiftung, CHE, Robert Bosch Stiftung, & Stifterverband. (2023). Monitor Lehrkräftebildung—Lehrkräftebildung im Wandel – Gestärkt in die Zukunft?! https://www.monitor-lehrerbildung.de/wp-content/uploads/2023/06/MLB_Lehrkraeftebildung-im-Wandel_Broschuere.pdf [27.08.2023]

Euler, D. (2014). Design-Research – a paradigm under development. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), Design-based research. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 15-44

Ferreira González, L., Fühner, L., Sühring, L., Weck, H., Weirauch, K., & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Weinheim Basel: Beltz Juventa, 191–214

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. International Journal of Science Education, 36(15), 2534–2553

Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schnell (Hrsg.), Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 40–50

Maag Merki, K. (2016). Unterrichtsentwicklung als zentrales Element von Schulentwicklung. Pädagogik, 68(4), 44–47

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung, Zürich, 2016. Universität Regensburg, 800–803

Reinmann, G. (2020). Ein holistischer Design-Based Research-Modellentwurf für die Hochschuldidaktik. EDeR. Educational Design Research, 4(2), 1-16

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45

Wildt, J. (2006). Reflexives Lernen in der Lehrerbildung – ein Mehrebenenmodell in hochschuldidaktischer Perspektive. In A. Obolenski & H. Meyer (Hrsg.), Forschendes Lernen: Theorie und Praxis einer professionellen LehrerInnenausbildung (2., aktualisierte Auflage). Oldenburg: Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 71–84

Anja Fietkau[1]
Elisabeth Hofer[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Herausforderungen in der Planungsphase offenen Forschenden Lernens

Ausgangslage

Unterrichtseinheiten im Sinne offenen Forschenden Lernens (oFL) bieten Schüler*innen u. a. die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zunehmend selbstständig zu erfahren. Der Ansatz zielt somit auf die Förderung einer der zentralen Kompetenzbereiche naturwissenschaftlichen Unterrichts ab (KMK, 2005; OECD, 2019). Für das Gelingen solcher Unterrichtseinheiten ist insbesondere die Planungsphase oFL ausschlaggebend, die das Generieren einer Forschungsfrage (Aktivität 1), Formulieren einer theoriegeleiteten Hypothese (Aktivität 2) und das Planen einer geeigneten Untersuchung (Aktivität 3) umfasst (Hakkarainen & Sintonen, 2002). Gleichzeitig birgt die Planungsphase eine Vielzahl an Herausforderungen, deren Ursache in zahlreichen Studien (fehlenden) Schüler*innenkompetenzen zugeschrieben wird (Baur, 2018, 2021; Chen & Klahr, 1999; Lederman, 2007). Neben diesen personenbezogenen Herausforderungen werden in der Literatur deskriptiv Anforderungen an die Aktivitäten der Planungsphase (A1-A3) erläutert (Browner et al., 2013; Hulley et al., 2013; Sebe-Opfermann, 2016), was eine eher gegenständliche Betrachtung erlaubt. Nach dem Barriere-Verständnis von Krönig (2015) ermöglicht die personenbezogene Zuschreibung von Herausforderungen lediglich das Aufzeigen von Barrieren im „Selbst“, welches einen von vier möglichen Bereichen zur Verortung darstellt. Krönig (2015) hebt hervor, dass sich Barrieren auch in Bereichen der „Umwelt“, der „Kommunikation und Interaktion“ sowie den „Funktionssystemen“ zeigen, da „sie immer einen Anteil auf[weisen], der nicht auf … [die eigene] Konstruktion zurückführbar ist“ (Krönig, 2015, S. 48). Die sachbezogene Umformulierung von Herausforderungen – unter Zuhilfenahme der deskriptiv dargestellten Anforderungen – als Barrieren des Lerngegenstandes (Krönig, 2015; Stinken-Rösner & Abels, 2021) ermöglicht folglich eine vollständigere Betrachtung der Planungsphase oFLs in Hinblick auf die Partizipation möglichst aller Schüler*innen an den Aktivitäten der Planungsphase.

Das Projekt

Vor diesem Hintergrund zielt das Projekt „Auf die Planung kommt es an – Inklusiv gestaltetes Material für die Planungsphase beim offenen Forschenden Lernen“ (PlanFoL) auf die Entwicklung themenübergreifend einsetzbarer, inklusiv gestalteter Unterstützungsmaterialien für die Planungsphase beim oFL ab. Die Umsetzung des von der Joachim Herz Stiftung über einen Zeitraum von drei Jahren (2023-2026) geförderten Projekts erfolgt im Rahmen des Design-based Research (DBR) Ansatzes (Euler, 2014; Abb. 1). In der derzeit laufenden Phase I (Abb. 1) wird auf die Zuspitzung des Problems fokussiert und die erste Fragestellung bearbeitet: Welche Barrieren und Herausforderungen haben die Aktivitäten der Planungsphase beim offenen Forschenden Lernen?

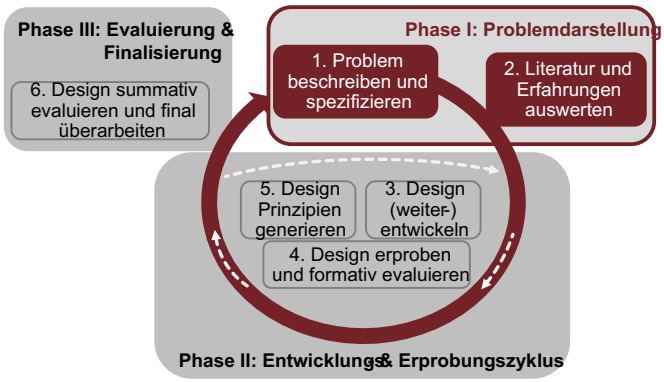


Abb. 1. Forschungs- und Entwicklungszyklus im DBR-Projekt (adaptiert nach Euler, 2014, S. 20)

Methodische Umsetzung

Zur Beantwortung der genannten Forschungsfrage wird ein zweiteiliges Scoping Review (Tricco et al., 2018) durchgeführt und ein Kategoriensystem induktiv entwickelt (Kuckartz, 2018; Abb. 2). In dem ersten Teil des Literaturreviews werden wissenschaftliche Publikationen in den Blick genommen, in denen die (1) Anforderungen an die Aktivitäten der Planungsphase identifiziert werden. Die deskriptive Formulierung der aus der Literatur identifizierten Anforderungen bildet die Grundlage für die induktive Entwicklung eines Kategoriensystems (Kuckartz, 2018; Abb. 2). Die Bildung der Kategorien ermöglicht im weiteren Projektverlauf eine kriteriengeleitete Adressierung der Barrieren in inklusiv gestalteten und themenübergreifend einsetzbaren Unterstützungsmaterialien. Die induktive Kategorienbildung erfolgt durch das Ableiten von Paraphrasen, die dem Wortlaut der Originalquellen nah sind. Die Kategorien werden im Literaturreview schrittweise am Material entlang in Subkategorien differenziert. Der zweite Teil des Literaturreviews widmet sich der Identifizierung von (2) Herausforderungen in den Aktivitäten der Planungsphase beim oFL, basierend auf empirischen Studien zu Planungskompetenzen von Schüler*innen. Um diese in das Kategoriensystem zu ergänzen, ist an dieser Stelle ggf. auf Grund einer (defizitären) personenbezogenen Zuschreibung eine Umdeutung und Umformulierung zu Barrieren notwendig, die im Lerngegenstand verortet sind (Krönig, 2015; Stinken-Rösner & Abels, 2021).

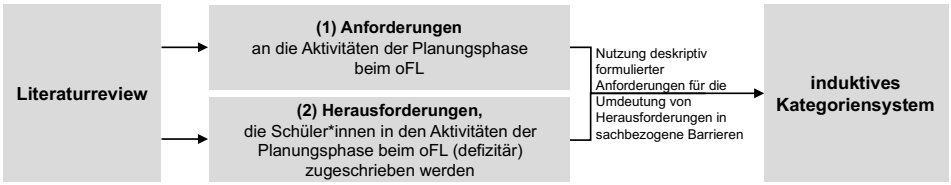


Abb. 2. Überblick über die Anteile des Literaturreviews zur induktiven Entwicklung des Kategoriensystems nach Kuckartz (2018)

Einblick in erste Ergebnisse der Problemdarstellung (Projektphase I)

Für jede der drei Aktivitäten der Planungsphase beim oFL, dem (A1) Generieren einer Forschungsfrage, (A2) Formulieren einer theoriegeleiteten Hypothese und (A3) Planen einer

geeigneten Untersuchung wurden aus der Literatur erste Anforderungen identifiziert, die in Tabelle 1 exemplarisch als Ankerbeispiele aufgeführt sind. Entlang dieser wurden jeweils erste Kategorien abgeleitet und durch Subkategorien tiefergehend spezifiziert.

Tab. 1. Auszug aus dem induktiven Kategoriensystem zu den in der Literatur angeführten Anforderungen an die Aktivitäten der Planungsphase beim oFL

Aktivitäten der Planungsphase	**Ankerbeispiele**	**Kategorie**	**Subkategorie**
Aktivität 1 Generieren einer Forschungsfrage	„Forschungsfragen sollten mit den W-Wörtern „was“ oder „wie“ anfangen, um ein offenes Vorgehen zu gewährleisten“ (Sebe-Opfermann, 2016, S. 31).	1.1 Formulieren einer offenen Forschungsfrage (Sebe-Opfermann, 2016)	1.1.1 Formulierung mit W-Wörtern „was“ oder „wie“ beginnen (Sebe-Opfermann, 2016)
Aktivität 2 Formulieren einer theoriegeleiteten Hypothese	“The hypothesis should be stated in writing at the outset of the study” (Browner et al., 2013, S. 45).	2.1 Festlegen einer Hypothese vor Beginn der Untersuchung (Browner et al., 2013)	2.1.1 Hypothesenbildung schriftlich dokumentieren (Browner et al., 2013)
Aktivität 3 Planen einer geeigneten Untersuchung	“All study protocols should include specific instructions for making the measurements (operational definitions)” (Hulley et al., 2013, S. 35).	3.1 Formulieren spezifischer Durchführungsschritte für die Untersuchung (Hulley et al., 2013)	3.1.1 Instrumente, Materialien und Umgebungsbedingungen berücksichtigen (Hulley et al., 2013)

Ebenso liegen Ergebnisse zum zweiten Teil des Literaturreviews zur sachbezogenen Umformulierung von Herausforderungen der Aktivitäten in der Planungsphase oFLs als nicht-selbstreferentielle Barrieren vor. Kechel (2016) beschreibt beispielsweise, dass Schüler*innen (einfache) Messinstrumente und Laborgeräte nicht richtig benutzen können. Krönig (2015) folgend kann diese Zuschreibung durch die im „Selbst“ konstruierte Barriere auch zu Teilen in der Umwelt verortet werden. Dafür bedarf es folgender sachbezogener Umformulierung der beobachteten Herausforderung als Barriere: Messinstrumente und Laborgeräte erfordern eine fachgerechte Verwendung. Diese Barriere wird als Subkategorie *3.1.2 Einplanen von Messinstrumenten und Laborgeräten zur fachgerechten Verwendung* zur Kategorie *3.1 Formulieren spezifischer Durchführungsschritte für die Untersuchung* (Hulley et al., 2013) in das induktiv gebildete Kategoriensystem (Tab. 1) eingearbeitet.

Fazit und Ausblick

Die erste literaturbasierte Identifizierung von Anforderungen an die Aktivitäten der Planungsphase beim oFL bildet die Grundlage für eine mögliche Kategorisierung, die durch eine Betrachtung von Herausforderungen in der Planungsphase und sachbezogene Umformulierung als Barrieren das Kategoriensystem ergänzen. Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen. Im weiteren Verlauf des Projekts wird das Kategoriensystem schrittweise aufgebaut und überarbeitet. Dabei werden neben literaturbasierten Herausforderungen ebenso in der Praxis beobachtete Herausforderungen von Schüler*innen in den Aktivitäten der Planungsphase in das Kategoriensystem einbezogen. Durch die dargelegten Schritte der Identifizierung und Kategorisierung von Barrieren in den Aktivitäten der Planungsphase wird zukünftig eine inklusive Gestaltung themenübergreifend einsetzbarer Unterstützungs-materialien für die Planungsphase beim oFL möglich.

Literatur

Baur, A. (2021). Errors made by 5th-, 6th-, and 9th-graders when planning and performing experiments: Results of video-based comparisons. Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen, 25, 45 – 63

Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 115 – 129

Browner, W., S., Newman, T., B. & Hulley, S. B. (2013). Getting Ready to Estimate Sample Size: Hypotheses and Underlying Principles. In S. B. Hulley (Hrsg.), Designing clinical research. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. https://tilda.tcd.ie/epidemiology-biostatisticscourse/course-material/assets/Class2/Designingclinicalresearch_4th-edition.pdf [25.08.2023], 43 – 54

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. Child Development, 70(5), 1098 – 1120

Euler, D. (2014). Design-Research – a paradigm under development. In D. Euler & P. Sloane (Eds.), Design-Based Research. Franz Steiner, 15 – 44

Hakkarainen, K. & Sintonen, M. (2002). The Interrogative Model of Inquiry and Computer-Supported Collaborative Learning. Science and Education, 11(1), 25 – 43

Hulley, S., B., Newman, T., B. & Cummings, S., R. (2013). Planning the Measurements: Precision, Accuracy, and Validity. In S. B. Hulley (Hrsg.), Designing clinical research. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. https://tilda.tcd.ie/epidemiology-biostatisticscourse/course-material/assets/Class2/Designingclinicalresearch_4th-edition.pdf [24.8.2023], 32 – 42

KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie/Chemie/Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand

Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schell (Hrsg.), Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis. Julius Klinkhardt, 40 – 50

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Auflage). Weinheim Basel: Beltz Juventa

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education. Erlbaum, 831 – 879

OECD. (2019). PISA 2018: Insights and Interpretations. OECD Publishing

Sebe-Opfermann, A. (2016). Die Fragen der Fragen – was ist eine gute Forschungsfrage? In N. Dunker, N.-K. Joyce-Finnern, & L. Koppel (Hrsg.), Wege durch den Forschungsdschungel. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 21 – 36

Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. Sonderpädagogische Förderung heute Beiheft, 1. Weinheim: Beltz Juventa, 161 – 175

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., … Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. Annals of Internal Medicine, 169(7), 467 – 473

Monika Holländer[1] [1]TU Dortmund
Insa Melle[1]

ChemDive online – das digitale Tool zur Planung von Chemieunterricht in diversen Lerngruppen

Diversität/Heterogenität im Chemieunterricht begegnen

Die steigende Vielfalt in Regelklassen erfordert eine Professionalisierung (angehender) Lehrkräfte, um der Herausforderung gerecht zu werden, allen Schüler:innen einen möglichst niederschwelligen Zugang zu den Inhalten des Chemieunterrichts zu ermöglichen. Ein vielversprechender Ansatz zur Gestaltung eines solchen Unterrichts ist das fächerübergreifende *Universal Design for Learning* (kurz: *UDL*; (CAST, 2018); (Rose & Meyer, 2002). Zur strukturierten Planung von barrierearmem Unterricht gemäß *UDL* wurde das Planungsinstrument ChemDive (*Chemistry for Diversity*) entwickelt. Mithilfe didaktischer Funktionen werden bei der Unterrichtsplanung mit ChemDive systematisch *UDL*-Elemente integriert (Holländer, Böhm & Melle, 2022a; Holländer, Böhm, Jasper & Melle, 2022b; Holländer & Melle, 2023). Um die Benutzerfreundlichkeit für Studierende und Lehrkräfte zu optimieren, wurde ChemDive in digitaler Form online verfügbar gemacht. Dabei wurden sämtliche didaktische Funktionen mit umfassenden Informationen verknüpft und teilweise durch Erklärvideos ergänzt.

Universal Design for Learning (*UDL*) im Chemieunterricht

Das *Universal Design for Learning* (*UDL*) ist ein Rahmenkonzept, das darauf abzielt, inklusive Bildungs- und Lernumgebungen zu schaffen und die allgemeine Unterrichtsqualität zu steigern. Es handelt es sich um ein strukturiertes Maßnahmenpaket mit evidenzbasierten Strategien zur Überwindung bzw. Vermeidung verschiedener Lernbarrieren. Das übergeordnete Ziel besteht darin, Lernende dazu zu befähigen, Experten für ihr eigenes Lernen zu werden (vgl. CAST, 2018; Rose & Meyer, 2002). Der Kerngedanke des *UDL* besteht darin, die Lernziele und -wege so zu flexibilisieren, dass der Unterricht für alle Schüler:innen, unabhängig von ihren individuellen Voraussetzungen und eventuellen Beeinträchtigungen, universell zugänglich ist (vgl. Holländer, Böhm und Melle, 2022). Durch die Minimierung von Lernbarrieren sollten alle Lernenden die Möglichkeit erhalten, individuell anspruchsvolle und herausfordernde curriculare Lernziele zu erreichen. Beispielsweise sollte die Lerngelegenheit möglichst von Anfang an so gestaltet sein, dass verschiedene Zugänge zu neuen Lerninhalten oder variable Möglichkeiten bei der Präsentation von Arbeitsergebnissen bestehen: Texte, Bilder, Diagramme, Videos, Audios, Experimente etc. Ebenso sollten sowohl die Motivation durch vielfältige Anknüpfung an die Lebenswelt der Lernenden als auch die Zielsetzung auf verschiedenen Ebenen (kognitiv, emotional-volitional, motorisch etc.) flexibel sein sowie die individuelle Zielerreichung durch verschiedenartige Hilfen unterstützt werden. Auf Grundlage neurowissenschaftlicher Erkenntnisse folgt das *UDL* drei grundlegenden Prinzipien, die bei einem effektiven Unterricht berücksichtigt und variiert werden sollten: Affekt für Engagement, Erkennen von Darstellungen und Strategien für Aktionen. In einem *Grafic Organizer* ordnet CAST (2018) diesen drei Prinzipien neun

Richtlinien zu, die wiederum mit evidenzbasierten Maßnahmen konkretisiert werden. Abb. 1 zeigt die editierte Übersetzung des *Grafic Organizers* durch Holländer, Böhm und Melle (2022).
Die *UDL*-Richtlinien sind sowohl horizontal als auch vertikal gegliedert. Vertikal sind sie nach den drei übergeordneten Prinzipien angeordnet: Förderung von Lernmotivation, Darstellung von Lerninhalten sowie Verarbeitung von Lerninhalten & Präsentation von Lernergebnissen soll auf verschiedenen Wegen erfolgen. Die jeweils drei darunter stehenden Richtlinien können mithilfe der dazugehörenden *Checkpoints* realisiert werden. In der horizontalen Lesart sind die Richtlinien dem Zugang zum Lerngegenstand (Richtlinien 7, 1 und 4), dem Aufbau (Richtlinien 8, 2 und 5) und der Internalisierung von Kompetenzen (Richtlinien 9, 3 und 6) zugeordnet (vgl. Holländer, Böhm & Melle, 2022).
Dabei sind die UDL-Richtlinien nicht als "Rezept" gedacht, sondern als eine Reihe von Vorschlägen, die angewendet werden können, um Barrieren abzubauen und die Lernmöglichkeiten für alle Lernenden zu maximieren. Sie können je nach den spezifischen Lernzielen kombiniert und auf bestimmte Inhaltsbereiche und Kontexte angewandt werden. Bei der Gestaltung eines lernwirksamen Fachunterrichts gemäß *UDL* empfiehlt Ralabate (2016), an bereits bestehende fachdidaktische Methoden und Planungsansätze anzuknüpfen und deren Komponenten bezüglich ihrer universellen Zugänglichkeit zu prüfen und anzupassen (vgl. auch Holländer, Böhm & Melle, 2022). Bei der Implementierung des *UDL* in die unterrichtliche Praxis und insbesondere bei der Unterrichtsplanung entlang von Verlaufsplänen können bei (angehenden) Lehrkräften jedoch Schwierigkeiten auftauchen, da die Strategien des *UDL* nicht immer eindeutig einzelnen Unterrichtsphasen oder -schritten zugeordnet werden können (Ralabate, 2016).

ChemDive zur Implementierung des *UDL*

Die Strategien des *UDL* müssen zur Verbesserung der Zugänglichkeit des Unterrichts in verschiedenen, oft sogar in mehreren Unterrichtsphasen angewendet werden. ChemDive wurde entwickelt, um (angehenden) Lehrkräften diesen Schritt zu erleichtern: Mit Hilfe von didaktischen Funktionen können vom Planungsansatz unabhängig verschiedene *Checkpoints* des *UDL* umgesetzt werden. Die didaktischen Funktionen sind lose einer Start-, Haupt- und Schlussphase zugeordnet. Dadurch ist ChemDive kompatibel mit Phasen- und Verlaufsplanmodellen, die üblicherweise im naturwissenschaftlichen Unterricht zum Einsatz kommen (bspw. Brüning & Saum, 2009; Holländer, Böhm & Melle, 2022; Leisen, 2014; Parchmann et al., 2006; Schmidkunz & Lindemann, 1995); es kann aber auch als eigenständiges Unterrichtsplanungstool verwendet werden (Holländer, Böhm, Jasper & Melle, 2022; Holländer, Böhm & Melle, 2022a). Die Online-Version von ChemDive ermöglicht eine angeleitete Planung eines zugänglichen Unterrichts, da Zusatzinformationen wie Unterrichtselemente zur Umsetzung der didaktischen Funktionen und ihre Zuordnung zu Phasen in anderen Unterrichtskonzepten hinterlegt sind. Darüber hinaus sind die damit realisierten *Checkpoints* des *UDL* und Erklärvideos zu didaktischen Funktionen, die in der ersten Phase der Lehrkräftebildung als besonders herausfordernd identifiziert wurden, abrufbar. Studierende, die eine Online-Version von ChemDive (https://digiplan.ccb.tu-dortmund.de; https://t1p.de/kxbx3) für ihre Unterrichtsplanungen innerhalb einer schulpraktischen Phase genutzt haben, bewerten ChemDive als effektives Tool, das Struktur und Sicherheit bietet und besonders leicht auf mehreren digitalen Endgeräten zu nutzen ist.

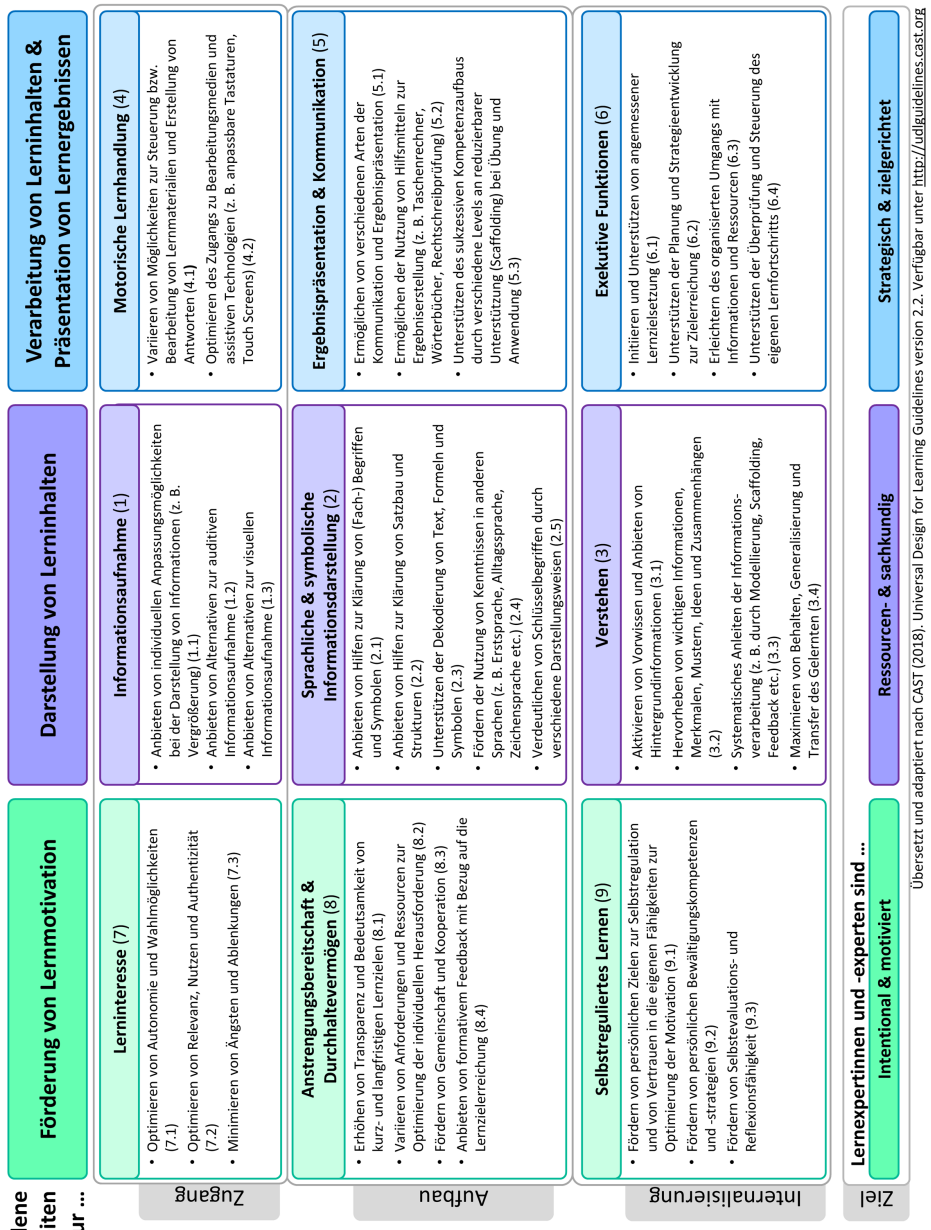


Abb. 1: Übersicht der UDL-Guidelines in deutscher Übersetzung (editiert nach Holländer, Böhm & Melle, 2022).

Literatur

Brüning, L. & Saum, T. (2009). Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen (5., überarb. Aufl.). Essen: Neue-Deutsche-Schule-Verl.-Ges.

CAST. (2018). Universal design for learning guidelines version 2.2: [graphic organizer] [Wakefield, MA: Author.]. http://udlguidelines.cast.org/more/download

Holländer, M., Böhm, K., Jasper, L. & Melle, I. (2022). Gestaltung von Chemieunterricht für diverse Lerngruppen – ein Beispielunterricht zum Planungsmodell ChemDive. CHEMKON, 29 (S1), 299–306. https://doi.org/10.1002/ckon.202200014

Holländer, M., Böhm, K. & Melle, I. (2022). Systematische Integration des Universal Design for Learning in den Unterricht. http://hdl.handle.net/2003/40802

Holländer, M. & Melle, I. (2023). ChemDive – a classroom planning tool for infusing Universal Design for Learning. Chemistry Teacher International. https://doi.org/10.1515/cti-2022-0039

Leisen, J. (2014). Wie soll ich denn meinen Unterricht planen? Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik. In U. Maier (Hrsg.), UTB: 3876 : Schulpädagogik. Lehr-Lernprozesse in der Schule: Referendariat: Praxiswissen für den Vorbereitungsdienst (S. 102–117). Klinkhardt

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, Bernd and the ChiK Project Group (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. International Journal of Science Education, 28 (9), 1041–1062. https://doi.org/10.1080/09500690600702512

Ralabate, P. (2016). Your UDL lesson planner: The step-by-step guide for teaching all learners. Maryland: Brookes Publishing

Rose, D. H. & Meyer, A. (2002). Teaching every student in the Digital Age: Universal design for learning. Alexandria: Assoc. for Supervision and Curricuclum Development

Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1995). Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Magdeburg: Westarp Wissenschaften

Anne Voit
Amina Zerouali
Jenna Koenen

Technische Universität München

Alles im Blick? - Umgang mit Simulationen zu Variablenkontrollstrategien (VKS)

Theoretischer Hintergrund

Ein Kernelement naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Fähigkeit anhand eines hypothetisch-deduktiven Vorgehens erfolgreich naturwissenschaftliche Fragestellungen zu beantworten (KMK, 2020). Bei Experimenten steht dabei die Überprüfung kausaler Hypothesen im Fokus (Nehring, 2014). Um dabei aussagekräftige Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu generieren, bedarf es den Ausschluss alternativer Ursachen. Dabei ist der erfolgreiche Einsatz von Variablenkontrollstrategien (VKS) unerlässlich, weshalb er auch als eigenständiges, fächerübergreifendes Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen wird (Brandenburger et al., 2022). Denn nicht zuletzt stehen mangelnde VKS oft im Zusammenhang mit Schwierigkeiten beim Experimentieren von Lernenden (Hammann et al., 2006).

Bei einem erfolgreichen Einsatz von VKS wird beim Experimentieren allein die relevante unabhängige Variable (Einflussgröße) variiert, während alle anderen Variablen, die Einfluss auf die abhängige Variable (Messgröße) haben können, konstant gehalten werden ("vary one thing at a time"; Tschirgi, 1980, S. 2). Anderenfalls könnten Einflüsse alternativer Bedingungen nicht ausgeschlossen werden. Dafür muss unter anderem bekannt sein, welche Variablen es konstant zu halten gilt. Daher wird Fachwissen auch als ein Moderator für erfolgreiche Anwendung von VKS angesehen (Schwichow et al., 2016).

Neben „hands on“-Experimenten ist auch der Einsatz digitaler Medien zur Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenzen denkbar, z. B. unter Verwendung digitaler Simulationen, in denen Variablen gezielt manipuliert werden müssen (Büsch, 2021; de Jong & van Joolingen, 1998; Sonnenschein, 2019). Simulationen bilden reale Systeme auf Grundlage eines mathematischen Modells digital nach. Sie zeichnen sich vor allem durch ihren interaktiven Charakter aus. Es besteht die Möglichkeit, Parameter zu manipulieren und den Einfluss auf das System zu beobachten, sodass die Simulation experimentell entdeckt und Fragestellungen damit untersucht werden können (Eilks et al., 2004). Auch wenn Simulationen den Vorzug mit sich bringen, dass kausale Zusammenhänge leichter verstanden werden können (Nerdel, 2017), muss jedoch beachtet werden, dass digitale Experimente klassische „hands on“-Aktivitäten nicht ersetzen können (de Jong et al., 2013). Beispielsweise lassen Simulationen keine manuellen Fehler zu. Zudem wird der Experimentierprozess in seiner „Freiheit“ limitiert. So kommt es zu einer Komplexitätsreduktion, die sich beispielsweise dadurch äußert, dass die Variablen, die einen Einfluss auf das System haben, in der Simulation schon vorgegeben sind – auch diejenigen, die Lernende in einer physischen Experimentierumgebung vielleicht nicht beachtet hätten (Chinn & Malhotra, 2002; de Jong & van Joolingen, 1998).

Bisher ist noch wenig über die kognitiven Prozesse bekannt, die Lernende im Umgang mit solchen Simulationen durchlaufen. Während bei der Analyse der Log-Files nur tatsächlich durchgeführte Interaktionen mit Simulationen registriert werden können, kann durch Eye-

Tracking auch die visuelle Aufmerksamkeit der ProbandInnen erfasst werden. Da die Informationsaufnahme im Umgang mit der Simulation über den visuellen Kanal läuft, können anhand dieser Blickbewegungen Indizien auf ablaufende kognitive Prozesse, wie beispielsweise Integrations- oder Organisationsprozesse, geschlossen werden (Holmqvist et al., 2015; Jarodzka et al., 2017). Legitimieret werden diese Rückschlüsse nach Just und Carpenter (1980) anhand zweier grundlegender Annahmen: Die *immediacy assumption* besagt, dass die Interpretation von Informationen sofort mit dem visuellen Reiz beginnt. Die *eye-mind assumption* besagt, dass der Reiz solange verarbeitet wird, solange er angesehen wird. Jedoch sind diese Rückschlüsse nicht ausnahmslos gültig. Somit ist es lohnenswert, die Blickdaten mit verbalen Daten zu ergänzen, um sicher zu gehen, dass visuelle und kognitive Aufmerksamkeit übereinstimmen und Objekte nicht nur zufällig angestarrt werden (Holmqvist et al., 2015).

Zielsetzung und Forschungsfragen

Diese Untersuchung fokussiert die Bearbeitungsprozesse Studierender beim Umgang mit einer digitalen Simulation zum Lambert-Beer'schen Gesetz. Es wird erfasst, inwiefern bei der Interaktion mit der Simulation VKS durch die Studierenden angewandt werden. Dafür werden sowohl die durchgeführten Manipulationen der Variablen über Log-Files sowie die visuelle und kognitive Aufmerksamkeit während und zwischen diesen Manipulationen über Blickdaten und Think Alouds herangezogen. Anschließend wird untersucht, ob sich Blickbewegungen erkennen lassen, die in einem Zusammenhang mit der Anwendung von VKS stehen.

FF 1: Inwiefern kann der Einsatz von VKS beim Umgang mit der Simulation erfasst werden?

FF 2: Inwiefern stehen Blickbewegungen in einem erkennbaren Zusammenhang mit dem Einsatz von VKS im Umgang mit der Simulation?

Methodik

Im Rahmen der Studie werden drei Aufgaben mithilfe einer Simulation zum Lambert Beer’schem Gesetz der Toolbox Lehrerbildung (leicht verändert abrufbar unter: https://toolbox.edu.tum.de/pages/widgets/beer_lambert.html; Zerouali et al., 2023) bearbeitet. Diese visualisiert den Aufbau eines Photometers (vgl. Abb. 1). Bei der Visualisierung können vier unabhängige Variablen manipuliert werden – die Wellenlänge des einfallenden Lichtstrahls, die Dicke der Küvette, die Konzentration der Lösung sowie der absorbierende Farbstoff. Durch die Manipulation dieser Variablen werden direkt die Visualisierungselemente des Photometers angepasst sowie die abhängige Variable, die Extinktion, entsprechend des Lambert Beer’schen Gesetzes errechnet.

Vorab bekommen die TeilnehmerInnen einen Informationstext zu den relevanten Fachinhalten, um diesen Moderator für VKS gering zu halten. Während der Aufgabenbearbeitung werden die ProbandInnen u. a. dazu aufgefordert, eigenständig Hypothesen zu formulieren und diese sowie vorgegebene Kausalzusammenhänge mit der Simulation zu überprüfen.

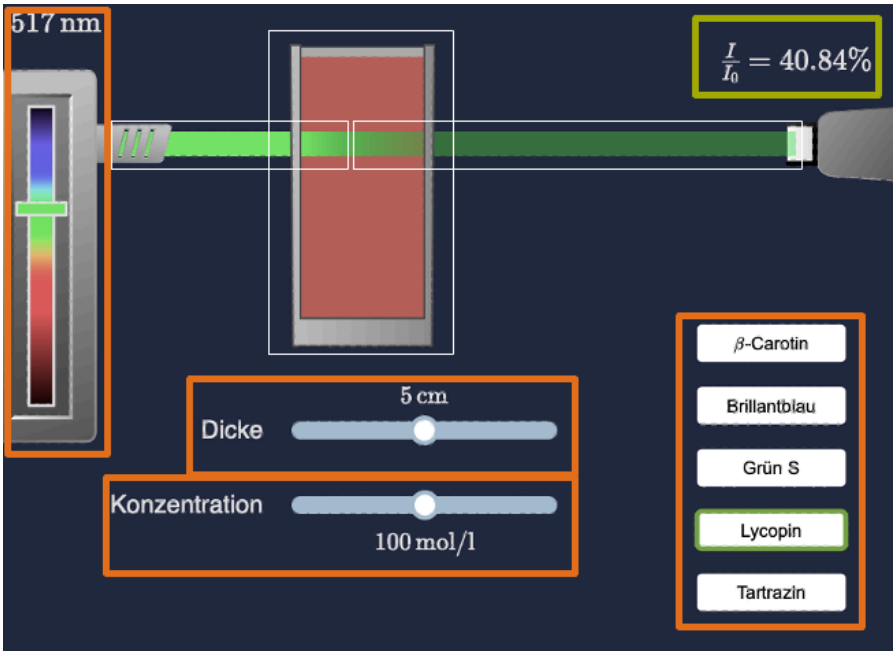


Abb. 1: Visualisierung zum Lambert Beer'schen Gesetz der Toolbox Lehrerbildung (Zerouali et al., 2023) mit den markierten AOIs

Mithilfe von Eye-Tracking werden die Blickbewegungen zwischen den unabhängigen Variablen, den Visualisierungselementen und den abhängigen Variablen erfasst. Jedes dieser Elemente stellt dabei eine sogenannte Area of Interest (AOI) dar. Das sind festgelegte Bereiche, die im Rahmen der Untersuchung relevant erscheinen (vgl. markierte Bereiche in Abb. 1) (Holmqvist et al., 2015). Die relevanten Daten hierbei sind die *AOI hits*, eine Fixation innerhalb der AOI, sowie die *transitions*, die Blickwechsel von einer AOI zu einer andere AOI. Erstere deuten u. a. auf Integrationsprozesse, wie das Maß der Aufmerksamkeit auf einer speziellen Variable, hin. Letztere sind ein Indiz für ablaufende Organisationsprozesse, wie z. B. den Zusammenhang zwischen Variablen zu erfassen.
Um den Umgang mit der Simulation ganzheitlich abbilden zu können, werden verschiedene Erhebungsmethoden miteinander kombiniert. Wie schon erwähnt ist der Rückschluss von visueller auf kognitive Prozesse nicht immer legitim. Deshalb werden zudem Think Alouds, also verbale Daten, erfasst. So kann festgestellt werden, ob fixierte AOIs auch tatsächlich kognitiv verarbeitet werden (Holmqvist et al., 2015). Auch lässt Eye-Tracking alleine keine Aussagen über die durchgeführten Manipulationen der Simulation zu, weshalb zusätzlich Log-Files erfasst werden. So kann sichergestellt werden, dass die gesamte Interaktion der ProbandInnen mit der Simulation erfasst wird.

Ausblick
Es wird eine Erhebung mit 20 fachfremden Bachelorstudierenden angestrebt und zunächst der Einsatz von VKS erfasst. Anschließend werden die Blickbewegungen analysiert und auf einen Zusammenhang mit der VKS-Anwendung untersucht.

Literatur

Brandenburger, M., Salim, C. A., Schwichow, M., Wilbers, J., & Mikelskis-Seifert, S. (2022). Modellierung der Struktur der Variablenkontrollstrategie und Abbildung von Veränderungen in der Grundschule. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN), 28(5). https://doi.org/10.1007/s40573-022-00140-x

Büsch, L. (2021). Entwicklung und Einsatz von neuartigen Methoden zur Erfassung und Analyse experimenteller Prozesse. RWTH Aachen.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in scools: A theoretical framework for evaluation science tasks. Science Education, 86(2), 157-218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, C. Z. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science, 340(19), 305-308.

de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 2(68), 179-201. https://doi.org/10.2307/1170753

Eilks, I., Krilla, B., Flintjer, B., Möllencamp, H., & Wagner, W. (2004). Computer und Multimedia im Chemieunterricht heute – Eine Einordnung aus didaktischer und lerntheoretischer Sicht. GDCh, FGCU, AG Computer im Chemieunterricht.

Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 57.

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2015). Eye tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford Univ. Press.

Jarodzka, H., Holmqvist, K., & Gruber, H. (2017). Eye Tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas. Journal of Eye Movement Research, 10(1), 1-18.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. Psychological Review, 87(87), 329-354. https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329

Nehring, A. (2014). Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung (Vol. 177).

Nerdel, C. (2017). Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Springer Spektrum.

Sonnenschein, I. (2019). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Eds.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Logos Verlag.

Tschirgi, J. E. (1980). Sensible Reasoning: A Hypothesis about Hypotheses. University of Chicago Press.

Zerouali, A., Werner, B., Lewalter, D., & Koenen, J. (2023). Digital, interaktiv, bunt – interaktive Visualisierungen für den Chemieunterricht zum Thema Farbwahrnehmung und organische Farbstoffe. Chemkon, 30(6), 247-253.

Antonia Kirchhoff[1]
Stefanie Schwedler[1]

[1]Universität Bielefeld

Lernen über Simulationen – das Modellverständnis von Simulationen bei Lehramtsstudierenden der Chemie

Ausgangslage und Zielformulierung

Computerbasierte Simulationen geben Antworten auf die drängenden Fragen unserer Zeit. So wurden Mobilitätssimulationen genutzt, um den Einfluss verschiedener Maßnahmen zum Umgang mit der Covid-19-Pandemie zu ermitteln (Pesavento et al., 2020). Klimasimulationen werden zur Betrachtung der Ursachen und Folgen des menschengemachten Klimawandels verwendet (Frigg, Thompson & Werndl, 2015). Mit Ergebnissen dieser Simulationen werden handlungsrelevante Maßnahmen abgeleitet (Gilbert et al. 2018). Aus einer *scientific literacy*-Perspektive ist es daher wichtig, Lernende der Naturwissenschaften in ihrem Verständnis von Simulationen und ihrer Funktionsweise auszubilden, um ihnen die mündige Teilhabe an zukunftsweisenden, gesellschaftsrelevanten Debatten zu ermöglichen (Seoane, Greca & Arriassecq, 2022). Darüber hinaus spielt die Nutzung von Simulationen zum Verständnis komplexer Systeme (Orgill, York & MacKellar, 2019) in Form des simulationsbasierten Lernens (Landriscina, 2013) eine für den Chemieunterricht wichtige Rolle, um einen Zugang zur submikroskopischen Ebene (Johnstone 2002) zu schaffen und somit das Verständnis chemischer Phänomene zu verbessern (Schwedler & Kaldewey, 2019). Die beschriebene Relevanz von Simulationen im Bereich *science teaching* erfordert Forschung zum epistemologischen Verständnis von Simulationen; diese wurde bislang vernachlässigt (Seoane, Greca & Arriassecq, 2022). Ziel des Forschungsprojektes ist es, zunächst das epistemologische Modellverständnis von Lehramtsstudierenden der Chemie zu erheben, um davon ausgehend Interventionen für die universitäre Ausbildung der Studierenden zu entwickeln. Langfristig sollen die Studierenden befähigt werden, Naturwissenschaftsunterricht zu gestalten, der ihren Schüler*innen naturwissenschaftlich mündiges Handeln durch eine epistemologisch angemessene Interpretation von Simulationen erlaubt (ebd.).

Theoretische Perspektive - Das Modellverständnis von Simulationen

Simulationen werden in diesem Forschungsprojekt (in Anlehnung an u.a. Vallverdú, 2014) als eine Art von Modellen verstanden. Sie zeichnen sich durch ihre Dynamik, die im Hintergrund berechneten großen Datenmengen und ihre dadurch bedingte epistemische Undurchsichtigkeit aus (Grüne-Yanoff & Weirich, 2010). Damit haben sie eine distinkte Epistemologie (Winsberg, 2010), die aber auf den Grundlagen der Epistemologie von Modellen basiert. So gibt es einerseits Fragen, die spezifisch für Simulationen beantwortet werden müssen, weil erst die Simulationsbesonderheiten die Fragen motivieren. Beispielsweise stellt sich die Frage, inwiefern Simulationen als numerische Experimente verstanden werden können (z.B. Roush, 2018). Andererseits sind einige Überlegungen aus der Epistemologie von Modellen ebenso für Simulationen relevant. Dazu gehört beispielsweise die Frage, wie Modelle (bzw. Simulationen) überhaupt erklären können (Bokulich, 2011). Letztere sind eher als grundlegende, erstere als spezifische Fragen zur Epistemologie von Simulationen zu verstehen.
Vor diesem Hintergrund wird das Kompetenzmodell der Modellkompetenz (nachfolgend KMMK genannt) von Upmeier zu Belzen & Krüger (2010) genutzt, um die Sichtweise von

Studierenden auf Simulationen basierend auf der Epistemologie von Modellen grundlegend zu charakterisieren. Das KMMK wurde (in Anlehnung an u.a. Grosslight et al., 1991) zur Erfassung der Modellkompetenz von Schüler*innen im Biologieunterricht entwickelt. Seither wurde es in verschiedenen Studien und in verschiedenen Stichproben eingesetzt (vgl. u.a. Grünkorn et al., 2014; Krell & Krüger 2017) und inzwischen zu einem verstärkt modellierungsorientierten Ansatz erweitert (Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021). Zunächst soll im vorgestellten Projekt lediglich das Wissen über und das Verständnis von Simulationen erfasst werden, weshalb nachfolgend nicht der Kompetenzbegriff, sondern die Formulierung „das Modellverständnis von Simulationen" genutzt wird. Auf diese Weise werden gleichzeitig die theoretischen Ursprünge in der Epistemologie von Modellen betont. Da der Fokus des Vorhabens auf Wissen und Verstehen und nicht auf eigenen Modellentwicklungsprozessen der Studierenden liegt, wurde die jüngste Erweiterung des Kompetenzmodells auf die Modellierkompetenz und die einhergehende Ergänzung der Niveaustufen um das abduktive Schließen nicht übernommen. Nachfolgend ist eine um die konkreten Kategorienformulierungen gekürzte Fassung des KMMK, welches zur Beschreibung des Modellverständnisses von Simulationen angepasst wurde, dargestellt.

Tab. 1: Gekürzte Fassung der Anpassung des KMMK nach Upmeier zu Belzen & Krüger (2010) zur Beschreibung des Modellverständnisses von Simulationen.

	Niveau 1	**Niveau 2**	**Niveau 3**
Kenntnisse über Simulationen			
Eigenschaften von Simulationen	E1	E2	E3
Alternative Simulationen	A1	A2	A3
Simulationsbildung			
Zweck von Simulationen	Z1	Z2	Z3
Testen von Simulationen	T1	T2	T3
Ändern von Simulationen	Ä1	Ä2	Ä3

In der oben dargestellten Tabelle 1 ist das Modellverständnis von Simulationen in zwei Dimensionen eingeteilt, die jeweils in zwei respektive drei Unterkategorien unterteilt sind. Jede Kategorie ist zusätzlich in drei Niveaustufen dargestellt, die hier mit Kürzeln (z.B. Ä2) vereinfacht wurden. Dabei gibt das erste Niveau größtenteils die naive Vorstellung wieder, Simulationen seien möglichst nah am Ausgangssystem zu gestalten und würden hauptsächlich zur Beschreibung genutzt. Auf dem zweiten Niveau finden sich Vorstellungen, die zwar die Existenz von Idealisierungen in Simulationen akzeptieren, diese aber eher als notwendiges Übel verstehen und die Gestalt von Simulationen stark vom Ausgangssystem abhängig machen. Elaborierte Vorstellungen von Simulationen als „Simulationen *für* etwas", die die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten zur Erkenntnisgewinnung anerkennen, werden im dritten Niveau eingeordnet (angelehnt an Upmeier zu Belzen & Krüger 2010).

Forschungsfragen und -design

Um Maßnahmen zur Förderung des Modellverständnisses von Simulationen für Lehramtsstudierende der Chemie zu entwickeln, ist zunächst eine Bestandsaufnahme ihrer Voraussetzungen nötig. Dazu wurde eine leitfadengestützte Interviewstudie durchgeführt, die in einen

design-based-research-Prozess (u.a. Wilhelm & Hopf, 2014) eingebunden und daher in mehreren Iterationszyklen aufgebaut ist. Vor dem Interview erstellen die Studierenden Concept Maps. Dies geschieht mit der App CMapTools und wird durch *concurrent think alouds* begleitet (van Someren, Barnard & Sandberg, 1994). Das anschließende problemzentrierte Interview selbst wird von den folgenden Forschungsfragen geleitet:

- (F1) Wie ist das Modellverständnis von Simulationen bei Lehramtsstudierenden im Master Chemie ausgeprägt?
- (F2) Inwiefern kann das Modellverständnis von Simulationen der Studierenden mit dem angepassten KMMK charakterisiert werden?
- (F3) Wodurch unterscheiden sich die Vorstellungen zu Simulationen von anderen Instrumenten der Erkenntnisgewinnung?

Eine erste Erhebung fand im WiSe 22/23 mit Teilnehmenden des Kurses zur Vorbereitung auf das Praxissemester (N=11) statt. Im SoSe 23 wurden Teilnehmende eines Masterseminars zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen (N=6), das im Rahmen des universitätsweiten Projektes BiLinked entwickelt wurde, befragt. Dieses Seminar wird auch in den folgenden Semestern die Stichprobengrundlage sein. Die Datenauswertung erfolgt durch eine inhaltlich strukturierende und evaluative qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) mithilfe von MAXQDA. Grundlage der deduktiven Kategorienbildung ist das angepasste KMMK. Diese wird auf deduktiver Ebene durch epistemologische Besonderheiten von Simulationen und dann induktiv auf Basis des Interviewmaterials ergänzt.

Erste ausgewählte Ergebnisse

Eine erste Analyse der Interviewdaten aus dem WiSe 22/23 mit Hilfe des angepassten KMMK im Hinblick auf F1 und F2 zeigt, dass die studentischen Äußerungen sich in allen Kategorien und dort auf allen Niveaustufen verorten lassen (vgl. Tab. 1). So finden sich vergleichsweise naive Vorstellungen, die der Wahrnehmung von Simulationen als Kopien des Ausgangssystems entsprechen. Andere Studierende zeigen ein elaboriertes Verständnis von Simulationen und verstehen diese als Simulationen *für* etwas. Auffällig ist dabei, dass einige Studierende über den Interviewverlauf hinweg Aussagen in der gleichen Dimension, aber mit verschiedenem Verständnisniveau treffen. Beispielsweise argumentieren einige Befragte für einen primär repräsentationalen Charakter von Simulationen, der zwar Idealisierungen erlaubt, aber dennoch ein hohes Maß an Nähe zum Ausgangssystem als Gütekriterium bedarf (E2). Gleichzeitig stellen sie fest, dass es multiple Simulationen geben könne, weil verschiedene Zielsetzungen und Fragstellungen an das Ausgangssystem über die Simulation zu verschiedenen Simulationen führen würden (A3). Diese beiden Ansichten, die einen repräsentationalen Charakter von Simulationen bei gleichzeitiger Nutzung als epistemologische Tools postulieren, sind als widersprüchlich zu bezeichnen (Rost et al., 2023). Diese widersprüchliche Ansicht zeigt sich auch in der Literatur zur Epistemologie von Modellen (Rost & Knuuttila, 2022).

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse indizieren den Bedarf einer vertieften Analyse, die über das KMMK hinausgeht und individuelle Erklärungsansätze für die jeweilige Ausprägung der Verständnisdimensionen bietet. Zukünftig sollen zudem die Vorstellungen zum Verhältnis von Simulations- zu Realsystem evaluiert werden. Daneben wird eine Einordnung der Einzelfälle in Hinblick auf F3 durch den Einsatz des übersetzten und adaptierten SUMS-Instruments (Rost et al., 2023; Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002) in allgemeine Vorstellungen zu Modellen erfolgen.

Literatur

Bokulich, A. (2011). How scientific models can explain. Synthese, 180 (1), 33–45.

Frigg, R., Thompson, E. & Werndl, C. (2015). Philosophy of Climate Science Part II: Modelling Climate Change. Philosophy Compass 10 (12), 965 – 977.

Gilbert, N., Ahrweiler, P., Barbrook-Johnson, P., Narasimhan, K. P. & Wilkinson, H. (2018). Computational Modelling of Public Policy: Reflections on Practice. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 21 (1), Artikel 14.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. Journal of Research in Science Teaching, 28 (9), 799-822.

Grüne-Yanoff, T. & Weirich, P. (2010). The Philosophy and Epistemology of Simulation: A Review. Simulation & Gaming, 41 (1), 20–50.

Grünkorn, J., zu Belzen, A. U., & Krüger, D. (2014). Assessing students' understandings of biological models and their use in science to evaluate a theoretical framework. International Journal of Science Education, 36, 1651–1684.

Johnstone, A. H. (2002). Teaching of chemistry-Logical or psychological? Chem. Educ. Res.Pract., 1 (1), 9-15.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (5., überarbeitete Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlagsgruppe.

Krell, M., & Krüger, D. (2017). University students' meta-modelling knowledge. Research in Science & Technological Education, 35, 261–273.

Krüger, D. & Upmeier zu Belzen, A. (2021). Kompetenzmodell der Modellierkompetenz – Die Rolle abduktiven Schließens beim Modellieren. ZfDN, 27 (1), 127–137

Landriscina, F. (2013). Simulation and learning: A model-centered approach. New York, Heidelberg: Springer.

Orgill, M., York, S. & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. Journal of Chemical Education, 96 (12), 2720–2729.

Pesavento, J. et al. (2020). Data-driven mobility models for COVID-19 simulation. International Workshop on Advances in Resilient and Intelligent Cities. URL: https://dlnext.acm.org/doi/10.1145/3423455.3430305 [10.10.23].

Rost, M. & Knuuttila, T. (2022). Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning in Science Education Research. Education Sciences, 12 (4), 276.

Rost, M., Sonnenschein, I., Möller, S. & Lembens, A. (2023). Don't we know enough about models? Integrating a replication study into an introductory chemistry course in higher education. Chem. Teacher International.

Schwedler, S. & Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: how voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students' conceptual understanding. Chem. Educ. Res. and Pract., 21 (4), 1132–1147.

Seoane, M. E., Greca, I. M. & Arriassecq, I. (2022). Epistemological aspects of computational simulations and their approach through educational simulations in high school. Simulation, 98(2), 87–102.

Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. International Journal of Science Education, 24 (4), 357–368.

Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 41 – 57.

Vallverdú, J. (2014). What are Simulations? An Epistemological Approach. Procedia Technology, 13, 6–15.

Van Someren, M. Y., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C. (1994). The think aloud method: a practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press.

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 31-42.

Winsberg, E. B. (2010). Science in the age of computer simulation. Chicago, London: The Univ. of Chicago Pr.

Lisa Bering[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

Förderung der Modellierungskompetenz im Chemieunterricht mit MEA's

Überblick

Um Problemstellungen zu lösen, sollen Schüler:innen mit Hilfe von *Model-Eliciting Activities* (MEA's) selbstständig Modelle entwickeln, testen und überarbeiten. Außerdem sollen MEA's die Lernenden zu Transferleistungen anregen. Diese Methode wurde in der Mathematik- und Technikdiaktik bereits eingesetzt und validiert (Lesh, Hoover, Hole, Kelly& Post, 2000; Diefes-Dux., Follman, Imbrie, Zawojewski, Capobianco & Hjalmarson, 2004). MEA's, als eine Methode zur Förderung der Modellierungskompetenz im Chemieunterricht, stellt bislang ein Desiderat in der fachdidaktischen Forschung dar. In diesem Forschungsprojekt soll der Einsatz einer MEA im chemischen Kontext und die daraus erwartete Förderung der Modellierungskompetenz untersucht werden. Für diesen Zweck soll in einem Mixed-Method Ansatz die entwickelte und evaluierte Lernumgebung betrachtet und ausgewertet werden. Die Datengrundlage hierfür wurde bereits im Juni/Juli 2023 an drei brandenburger Gymnasien in der Jahrgangstufe 9 und 10 (n=145 Schüler:innen) erhoben.

Theoretische Rahmung

Modelle spielen in der Chemie eine wichtige Rolle da sie viele Funktionen einnehmen. Sie können nicht nur komplexe Phänomene darstellen, sondern auch eine Möglichkeit bieten Erklärungen für diese zu finden (Justi & Gilbert, 2006). Nach Krüger, Kauertz und Upmeier zu Belzen (2018) können kontextualisierte Probleme, die im naturwissenschaftlichen Sinn gelöst werden sollen, Anwendungsbereiche für Modelle darstellen. Diese sind durch zusätzliche Merkmale charakterisiert, die nicht im Modell abgebildet werden sollen. Lesh et al. (2003) beschreiben den Ansatz der Modell- und Modellierungsperspektive beim Problemlösen. Hierbei arbeiten die Schüler:innen kollaborativ daran Situationen auf verschiedene Weise zu interpretieren, mögliche Lösungswege zu bewerten und einen zyklischen Prozess zur Problemlösung zu durchlaufen. Dafür werden Problemlösungsaktivitäten präferiert bei denen Lernende zusammenarbeiten, Ideen und Modelle entwickeln, testen und reflektieren können. Eine *Model-Eliciting Activity* stellt eine solche Aktivität dar (Aguilar, 2021). *Model-Eliciting Activities* bilden im Allgemeinen ein realistisches Problem ab, welches von den Schüler:innen in kollaborativer Zusammenarbeit gelöst werden soll (Diefes-Duxet al., 2004). Die Erstellung einer MEA erfolgt nach den sechs Prinzipien von Lesh et al. (2000). Diese sind nicht hierarchisch oder aufeinander aufbauend zu interpretieren, sondern sollen als Konstrukte zur Aufgabenerstellung dienen. Eine genaue Beschreibung der Prinzipien ist dem GDCP Tagungsbandbeitrag von Bering und Tiemann (2023) zu entnehmen. Um das aufgezeigte Problem zu lösen, sollen die Schüler:innen eigene Modelle entwerfen, testen und überarbeiten (Diefes-Dux. et al.,2004). Die erstellten Modelle sollen sich im Anschluss auf ähnliche Problemstellungen transferieren lassen. Dieses Design veranlasst die Schüler:innen den Fokus auf den Lösungsprozess, anstatt auf eine einzelne Antwort zu legen (Aguilar, 2021; Lesh, Doerr, Carmona& Hjalmarson,2003). Demnach gibt es beim Lösen einer MEA nicht das eine richtige Modell, viel mehr ist der Prozess des Modellierens von Bedeutung. Ritchey (2012) benennt fünf Eigenschaften des Modellierens:

- Spezifikation: Konstrukte können Werte aufweisen oder nominal sein
- Direktionalität: Zusammenhänge zwischen den Konstrukten weisen gerichtete oder ungerichtete Eigenschaften auf
- Quantifizierung: Beziehungen lassen sich quantifizieren oder nicht
- Beziehungen können zyklisch oder azyklisch sein
- Art der Konnektivität: Beziehungen sind mathematisch/funktional, probabilistisch, quasi-kausal oder nicht kausal.

Krüger, Kauertz und Upmeier zu Belzen (2018) betonen, dass sich der Charakter eines Modells weniger auf seine repräsentativen Eigenschaften in Bezug auf das Phänomen beziehen sollte, als auf die Eigenschaft Modelle als Werkzeuge im Erkenntnisprozess zu identifizieren. Modellieren beschreibt einen komplexen Prozess in der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Justi & Gilbert, 2006; Krüger et al., 2018). Einen Ausgangspunkt des Modellierens stellt ein beobachtbares Phänomen dar. Wird dieses von einer Person beobachtet, führt es zu einem ersten Entwurf des Modells auf gedanklicher Ebene (mentales Modell). Dieses kann in verschiedenen Darstellungsformen ausgedrückt werden (z.B. verbal, visuell, mathematisch). Es folgt eine Überprüfung des Modells, wenn sich dabei eine fehlende Passung zwischen dem Modell und dem Phänomen aufzeigt muss es optimiert oder die Vorstellung über das zu modellierende Phänomen neu interpretiert werden. Anschließend erfolgt eine wiederholte Testung des Modells, was zu einem zyklischen Charakter des Modellierens führt (Justi & Gilbert, 2006; Krüger et al., 2018).

Methode

Die Datenerhebung erfolgte im Juni/Juli 2023 in der Jahrgangstufe 9 und 10 an drei Gymnasien in der Nähe von Berlin. Insgesamt nahmen 145 Schüler:innen mittels einem Paper-Pencil-Tests innerhalb von zwei Unterrichtsstunden (90min) teil, anschließend haben 14 Lernende an Einzelinterviews (ca.10 min) teilgenommen. Die Untersuchung ist in einem Mixed-Method Ansatz angelegt. Quantitative Untersuchungselemente beinhalten sowohl die Erhebung des allgemeinen Interesses und der Motivation der Schüler:innen am Chemieunterricht, als auch eine Erhebung der Einschätzung der Lernumgebung durch die Schüler:innen. Mittels einem Fachwissenstest wurde das Vorwissen zum Thema der Lernenden ermittelt. Zu den qualitativen Elementen der Untersuchung zählen die inhaltsanalytische Auswertung der erstellten Dokumente/Modelle und die inhaltsanalytische Auswertung der Interviews einzelner Proband:innen nach Mayring (2015). Außerdem findet eine Bewertung der erstellten Lösungen mit Hilfe *des Quality Assessment Guides* (QAG) von Lesh und Clarke (2000) statt, mit welchen die Qualität der von den Schüler:innen erarbeiteten Lösungen im Zuge einer MEA bewertet werden kann. Das erstellte Modell wird hierbei anhand von fünf Leistungsebenen bewertet (s. Tab. 1). Die Bewertung des Modells soll unter Bezugnahme zur Problemstellung erfolgen (Aguilar, 2021)

Tabelle 1 Ausschnitt aus dem Quality Assurance Guide von Lesh & Clarke (2000, S.145) übersetzt aus dem Englischen.

Leistungsebene	Wie nützlich ist das Produkt?
Perspektivwechsel erforderlich	Das Produkt ist für den Einsatz ungeeignet. Eine längere oder intensiviere Weiterarbeit wäre nicht zielführend. Die Schüler:innen benötigen möglicherweise zusätzliches Feedback vom Lehrer.
Erweiterungen/ Verbesserungen erforderlich	Das Produkt ist ein guter Anfang, um die Anforderungen zu erfüllen. Es sind noch viele Erweiterungen/Verbesserungen notwendig, um die gesamte Problemsituation zu lösen.
Geringe Erweiterungen/ Verbesserungen nötig	Das Produkt ist fast gebrauchsfähig. Es sind noch geringe Erweiterungen/ Verbesserungen notwendig, um die gesamte Problemsituation zu lösen.
Für den spezifischen Einsatz nützlich	Es sind keine Änderungen notwendig, damit das Produkt diese spezifische Problemsituation lösen kann.
Teilbar- oder Wiederverwendbarkeit	Das Produkt funktioniert nicht nur für diese spezifische Problemsituation, sondern könnte auch leicht an ähnliche Situationen angepasst und verwendet werden.

Lernumgebung

Die Lernumgebung ist in zwei Abschnitte gegliedert. Als Einstieg werden die Schüler:innen mit dem Phänomen konfrontiert, wie sich der pH-Wert von Wasser durch das Einleiten von Kohlenstoffdioxid verändert (Abb. 1). Dadurch soll ihr Vorwissen aktiviert werden und sie erstellen ein Protokoll .

Anschließend erhalten die Schüler:innen das Material zur Modellerstellung.

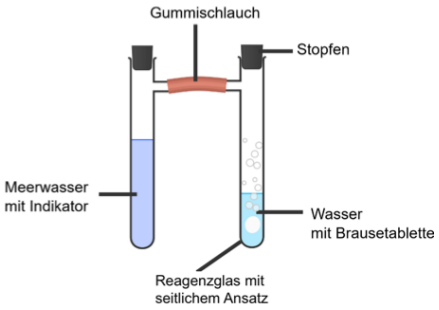


Abbildung 1 Versuchsaufbau des zu protokollierenden Phänomens.

Die Ozeane werden saurer

Die Ozeane werden immer saurer, das heißt, ihr pH-Wert sinkt. Grund ist immer mehr CO_2 in der Atmosphäre, das vom Wasser aufgenommen und dort zu Kohlensäure umgewandelt wird. Die entstandene Kohlensäure zerfällt jedoch schnell in Hydrogencarbonat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.[...] Für einige marine Lebewesen wie Korallen, Muscheln, Schnecken und andere Tiere mit Kalkskeletten sowie -schalen könnte das ein großes Problem werden. Denn im saureren Wasser gibt es weniger Carbonat-Ionen, die Bestandteil ihrer Skelette und Schalen sind. Wenn das Wasser einen bestimmten Grad der Versauerung erreicht, könnten sich ihre Schalen und Skelette sogar auflösen.

Ozeane für die Korallenriffe zwei der größten Gefahren dar.

Abbildung 2 Ausschnitt des Informationstextes zur Bearbeitung der MEA.

Dies beinhaltet einen Informationstext zum Korallensterben in der Nordsee (Abb.2) sowie einer Aufgabenstellung mit folgenden Hinweisen zur Bearbeitung:

- Berichtverfassung über die Auswirkungen der Umweltbedingungen auf das Wachstum der Korallen und
- grafische Darstellung der Wachstumsbedingungen.

Ziel der Modellierung ist die Erstellung einer Wortgleichung zur Berechnung des pH-Wertes, ab dem sich die Kalkskelette der Korallen auflösen. Für die Bearbeitung der Lerneinheit stehen den Schüler:innen 60-90 min zu Verfügung.

Literatur

Aguilar, J. (2021). Modeling Through Model-Eliciting Activities: An Analysis of Models, Elements, And Strategies in High School. The Cases of Students with Different Level of Achievement. In Mathematics Teaching-Research Journal, Vol. 13, Nr. 1, S. 52–70.

Bering, L., Tiemann, R. (2023). Model-Eliciting Activities (MEA's) im Chemieunterricht. In: H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022. (S. 933-936)

Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Hrsg.), Cognitive psychology and instruction. New York: Plenum, S. 441 - 465

Diefes-Dux, H., Follman, D., Imbrie, P. K., Zawojewski, J., Capobianco, B., & Hjalmarson, M. (2004). Model Eliciting Activities: An In Class Approach To Improving Interest And Persistence Of Women In Engineering. In *2004 Annual Conference* (S. 9.919.1-9.919.15).

Justi, R., Gilbert, J. (2006). The Role of Analog Models in the Understanging of the Nature of Models in Chemistry. In: Aubusson, P.J., Harrison, A.G., Ritchie, S.M. (Hrsg.) Metaphor and Analogy in Science Education. Science & Technology Education Library, vol 30., S. 119-130, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_10

Krüger, D., Kauertz, A., Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.) Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. S. 141-158, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_9

Lesh, R., & Clarke, D. (2000). Formulating Operational Definitions of Desired Outcomes of Instruction in Mathematics and Science Education. In A. Kelly, R. Lesh (Hrsg.), Research Design in Mathematics and Science Education. (S. 120-150).

Lesh, R., Doerr, H. M., Carmona, G. & Hjalmarson (2003). Beyond Constructivism. In Mathematical Thinking and Learning, 5:2-3, S. 211-233,

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., Post, T., (2000) Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly, R. Lesh (Hrsg.), Research Design in Mathematics and Science Education. (S. 591-646). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse (Vol. 12). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Ritchey, T. (2012). Outline for a morphology of modelling methods. In Acta Morphologica Generalis AMG Vol, *1*(1), S. 1012.

Marie-Christin Fritz[1,2]
Christina Egger[1]
Herbert Neureiter[1]
Timo Fleischer[2]

[1]Pädagogische Hochschule Salzburg
[2]Universität Salzburg

Zentrifugieren und Homogenisieren im Sachunterricht

Der pandemiebedingte Entwicklungsaufschwung im Bereich digitaler Bildungstechnologien ermöglichte die Übertragung naturwissenschaftlicher Experimentiersituationen in virtuelle Lernwelten (Groos, Kranz, Lieber, Maaß & Graulich, 2022; Neff et al., 2021). Diese sogenannten virtuellen Simulations-Experimente können dem klassisch-analogen Experimentieren in bestimmten Aspekten, wie z. B. dem Wissenszuwachs, ebenbürtig oder sogar überlegen sein (Brinson, 2015; Groos et al., 2022), diese jedoch nicht vollständig ersetzen (Mukhametov, Wörner, Hoyer, Becker & Kuhn, 2023). Das Bildungspotenzial für den physikalisch-chemischen Unterricht liegt in einem sich ergänzenden Format bestehend aus analogen und digitalen Experimenten (Wörner, Kuhn & Scheiter, 2022). Chancen und Grenzen eines derart kombinierten Einsatzes von klassisch-analogen Schüler*innen-Experimenten und virtuellen Simulations-Experimenten werden im Projekt „EdTechALL“ anhand der chemisch-physikalischen Fachinhalte Zentrifugieren und Homogenisieren von Milch in einer multimedialen Lernumgebung für den Sachunterricht erforscht. Der vorliegende Beitrag stellt die entwickelte Lernumgebung sowie das geplante Forschungsvorhaben vor.

Lernumgebung EdTechALL

In der multimedialen Lernumgebung für die Primarstufe 2 erkunden die Lernenden mithilfe von Virtual Reality (VR) eine Salzburger Molkerei und lernen zwei zentrale Milchverarbeitungsprozesse kennen: Zentrifugieren und Homogenisieren. Fachlich sind diese in der naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, 2013) verankert. Zentrale Bestandteile der Lernumgebung sind eine VR-360°-Tour durch eine Molkerei sowie reale Schüler*innen-Experimente und virtuelle Simulations-Experimente, die in den nachfolgenden Abschnitten näher ausgeführt werden.

Virtuelle Simulations-Experimente

In den virtuellen Simulations-Experimenten zum Zentrifugieren und Homogenisieren von Milch erkunden die Lernenden Aufbau und Funktion der betreffenden Maschinen. Auf einem Tablet werden mittels Touch-Interaktion in der Zentrifuge die Bestandteile der Milch durch Schleudern voneinander getrennt und im Homogenisator mittels einer Düse eine stabile Emulsion hergestellt (Abb. 1). Die Simulation ermöglicht hierbei den Blick in das Innere der Maschine, wobei sich die Darstellungsform auf wesentliche Bestandteile und die für den Lernprozess primär relevanten Funktionen (Schleudern, Homogenisieren) fokussiert, um kognitive Belastung – beispielsweise durch Seductive Details (Plass & Hovey, 2021) – gering zu halten. In dem hier beschriebenen Simulations-Experiment haben die Schüler*innen überdies die Möglichkeit, die Milch im gesamten Verarbeitungsprozess auf Teilchenebene zu betrachten, was im analogen Realexperiment bzw. beim Besuch einer Molkerei nicht möglich ist. Mit einem Vergrößerungstool blicken die Schüler*innen in den Verarbeitungsprozess hinein und beobachten, wie sich die Fett-Teilchen in der Milch während des Experiments

verhalten. So unterstützt das Simulations-Experiment einen Zugang zur Teilchen-Modellvorstellung (Mukhametov et al., 2023; Wörner et al., 2022). Angesichts des Förderbedarfs im Bereich Modellverständnis in der Primarstufe (Gogolin et al., 2017; Haider, 2019; Trier, 2013) bietet das Medium der virtuellen Simulations-Experimente hier Förderpotenziale für den chemisch-physikalischen Anfangsunterricht.

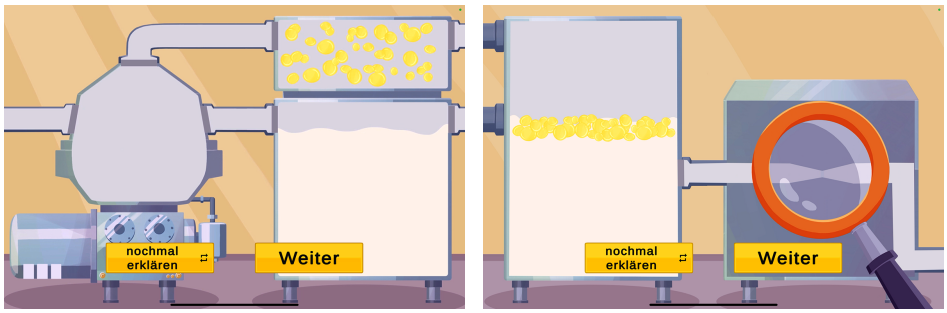


*Abb. 1: In den virtuellen Simulations-Experimenten können die Schüler*innen die Prozesse Zentrifugieren und Homogenisieren eigenständig steuern. (eigene Darstellung)*

Reale Schüler*innen-Experimente

Klassisch-analog experimentiert wird in Form zweier lernendenzentrierten Modellexperimente. Die Schüler*innen arbeiten anstelle von Milch mit einer optisch sehr ähnlich wirkenden, milchig weißen Öl-in-Wasser-Emulsion im Mischungsverhältnis 1:1, wobei das Öl das Milchfett und das Wasser die wässrige Magermilch darstellen. Die Emulsion wird in einer Tisch- oder Handzentrifuge geschleudert, bis Öl-Phase und Wasser-Phase getrennt und optisch deutlich voneinander unterscheidbar vorliegen (Abb. 2, links). Das anschließende Homogenisieren von Milch wird nachempfunden, indem die Schüler*innen Öl und Wasser durch die Düse einer Sprühflasche drücken und dadurch die ursprüngliche Öl-in-Wasser-Emulsion wiederherstellen (Abb. 2, rechts).

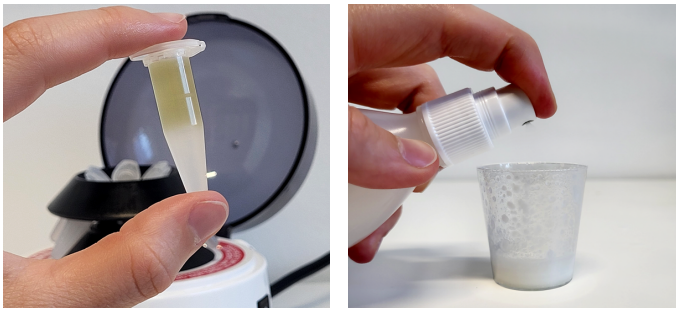


Abb. 2: Realexperimente zum Zentrifugieren und Homogenisieren (eigene Darstellung)

Virtuelles Lernsetting

Um zusätzlich zu den digitalen und analogen Modellexperimenten auch den realen Verarbeitungsprozess der Milch zu zeigen, wurde für die vorliegende Lernumgebung eine virtuelle 360°-Tour durch eine Salzburger Molkerei erstellt. Dieser sonst nicht zugängliche außerschulische Lernort kann von den Schüler*innen auf diese Art virtuell erkundet werden, um neben Fachwissenszuwachs auch Neugierde und Motivation zu fördern (Bakenhus,

Holzapfel, Arndt & Brückmann, 2022). Basierend auf dem „Meaningful iVR Learning (M-iVR-L) Framework“ von Mulders, Buchner und Kerres (2020) sowie ergänzenden Erkenntnissen von Rieger, Wallrath, Engl und Risch (2023) wurde bei der Erstellung der 360°-Tour besonders darauf geachtet, die kognitive Belastungen durch die Wahl des passenden Immersionsgrades und Vermeidung ablenkender Details möglichst gering zu halten. Hervorzuheben ist hierbei der bewegungsbasierte Mechanismus, mit dem sich die Lernenden in der virtuellen Umgebung umsehen können (Rieger et al., 2023). Der Blick durch das Tablet gibt die körpereigenen Bewegungen in der virtuellen Umgebung wieder und erhöht das Präsenzerleben der Lernenden.

Forschungsvorhaben

Die geplante Interventionsstudie aus dem Projekt EdTechALL untersucht sich ergebende Zusammenhänge zwischen dem kombinierten und separierten Einsatz von realen Schüler*innen-Experimenten und virtuellen Simulations-Experimenten im Hinblick auf die Entwicklung von (1) Modellverständnis, (2) Wissen, (3) Lernfreude und (4) kognitiver Belastung 9- bis 10-jähriger Schüler*innen. Die Stichprobe wird in drei Experimentalgruppen unterteilt. Eine Experimentalgruppe lernt innerhalb der Intervention mit der zuvor beschriebenen Lernumgebung, die virtuelle Simulations-Experimente und reale Schüler*innen-Experimente kombiniert, während die anderen beiden Gruppen mit einer inhaltlich und didaktisch identisch aufgebauten Variation der Lernumgebung arbeiten, die nur virtuelle Simulations-Experimente oder nur reale Schüler*innen-Experimente umfasst. Modellverständnis und Wissenszuwachs der Schüler*innen werden mittels einer quantitativen Fragebogenstudie im Prä-Post-Follow-Up-Design beforscht. Die Items zur Erfassung von Modellverständnis wurden aufbauend auf bestehende Erkenntnisse zur quantitativen Erhebung von Modellverständnis im Primarstufenbereich von Böschl, Gogolin, Lange-Schubert und Hartinger (2019) und Haider (2019) entwickelt. Der Wissenszuwachs wird durch Fachwissens-Fragen im Single-Choice-Format zum Zentrifugieren und Homogenisieren bestimmt. Die Erfassung von Lernfreude und kognitiver Belastung erfolgt durch ein digitales Tool zur Selbsteinschätzung, bei dem die Schüler*innen zu mehreren Zeitpunkten während der Intervention ihre aktuelle Lernfreude und aktuelle kognitive Belastung (für die Schüler*innen bezeichnet als „Spaß“ und „Anstrengung“) mithilfe einer 7-stufigen Skala angeben.

Ausblick

Die hier beschriebene Lernumgebung wurde einer Usability-Studie unterzogen und mittels Design-Based-Research iterativ weiterentwickelt. Die eigens entwickelten Erhebungsinstrumente wurden mehreren Pilot-Studien unterzogen und zeigen zufriedenstellende Reliabilitäten. Die Datenerhebung im Rahmen der Hauptstudie beginnt Ende 2023.

Literaturverzeichnis

Bakenhus, S., Holzapfel, M. A., Arndt, N. & Brückmann, M. (2022). Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-L Modell. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 47, 76–93. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X

Böschl, F., Gogolin, S., Lange-Schubert, K. & Hartinger, A. (2019). Mixed-Methods-Design als Grundlage für die Entwicklung von Aufgaben zur Erfassung von Modellkompetenz von Grundschulkindern. In H. Giest, E. Gläser & A. Hartinger (Hrsg.), Methodologien der Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 11, 1. Auflage, S. 115–137). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. Computers & Education, 87, 218–237. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gogolin, S., Krell, M., Lange-Schubert, K., Hartinger, A., Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2017). Erfassung von Modellkompetenz bei Grundschüler/innen. In H. Giest, A. Hartinger & S. Tänzer (Hrsg.), Vielperspektivität im Sachunterricht (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichtes e.V, Band 27, S. 108–115). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Groos, L., Kranz, D., Lieber, L. S., Maaß, K. & Graulich, N. (2022). Titration digital or analog – Is students′ experimental-practical understanding be supported equally? CHEMKON, 29(S1), 255–260. https://doi.org/10.1002/ckon.202200006

Haider, M. (2019). Modellkompetenz im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Eine empirische Studie zum Lernen mit Modellen und über Modelle in der Primarstufe. Berlin: Logos Verlag Berlin.

Mukhametov, S., Wörner, S., Hoyer, C., Becker, S. & Kuhn, J. (2023). Unterstützung von Experimenten zu Linsensystemen mit Simulationen, Augmented und Virtual Reality: Ein Praxisbericht. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2 (S. 63–76). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8_5

Mulders, M., Buchner, J. & Kerres, M. (2020). A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 15(24), 208. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615

Neff, S., Gierl, K., Engl, A., Decker, B., Roth, T., Becker, J. et al. (2021). Virtuelle Labore für den MINT-Unterricht – Transferprozess einer hochschulischen Innovation in den Schulkontext. In U. Schmidt & K. Schönheim (Hrsg.), Transfer von Innovation und Wissen (S. 75–101). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33667-7_5

Plass, J. L. & Hovey, C. (2021). The Emotional Design Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 324–336). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.034

Rieger, M. B., Wallrath, S., Engl, A. & Risch, B. (2023). Formulierung von Gestaltungsprinzipien für schulisch geeignete VR-Lernumgebungen. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2 (S. 137–151). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8_10

Trier, U. (2013). „Modelle sind künstlich“. Grundschule, 45, 12–14.

Wörner, S., Kuhn, J. & Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. Review of Educational Research, 92(6), 911–952. https://doi.org/10.3102/00346543221079417

Paula Fehlinger[1]
Yultuz Omarbakiyeva[1]
Ingrid Krumphals[2]
Bianca Watzka[1]

[1]OVGU Magdeburg
[2]PH Steiermark

Blickbewegungen beim Identifizieren von Graphen in *p-V*-Diagrammen

Einleitung

Druck-Volumen-Diagramme spielen in der Physik eine wichtige Rolle für das Verständnis der thermodynamischen Zustandsänderungen eines Gases. Es ist jedoch wenig erforscht, wie SchülerInnen vorgehen, um thermodynamische Zustandsänderungen in *p-V*-Diagrammen zu identifizieren, und ob sich dies vom rein mathematischen Kontext unterscheidet. Die vorliegende Studie untersucht die visuelle Aufmerksamkeit von SchülerInnen (n=20) beim Identifizieren von Graphen in *p-V*-Diagrammen aus dem Kontext der Thermodynamik sowie vergleichbarer Diagramme aus dem Kontext Mathematik mittels Eye-Tracking und begleitenden Interviews. Die aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse geben Aufschluss über die Schwierigkeiten von SchülerInnen. So können in Zukunft Materialien entwickelt werden, die Lernende bei der Interpretation von *p-V*-Diagrammen unterstützen.

Theoretischer Hintergrund

In der Literatur werden viele Lernschwierigkeiten bei der Analyse von thermodynamischen Zustandsänderungen in einem *p-V*-Diagramm beschrieben. Eine Schwierigkeit besteht beispielsweise darin, eine adiabatische Zustandsänderung zu analysieren (Saepuzaman, Sriyansyah & Karim, 2019). Laut Saepuzaman et al. (2019) liegt dies daran, dass die spezifische Charakteristik dieser Zustandsänderung nicht direkt im *p-V*-Diagramm dargestellt wird. Thermodynamische Zustandsänderungen, deren spezifische Eigenschaften direkt aus dem *p-V*-Diagramm hervorgehen, wie dies bei isobaren und isochoren Zustandsänderungen der Fall ist, werden leichter wahrgenommen (Saepuzaman et al., 2019). In einer Studie von Adila, Sutopo und Wartono (2018) wurde festgestellt, dass SchülerInnen bei einer Kurvenform dazu neigen, die Kurve entweder als isotherme oder adiabatische Zustandsänderung zu betrachten (Adila et al., 2018).

Lernschwierigkeiten beim Erkennen von thermodynamischen Zustandsänderungen können unter anderem auf einen mangelnden Wissenstransfer vom Kontext der Mathematik zum Kontext der Thermodynamik zurückgeführt werden. SchülerInnen entscheiden auf der Grundlage ihrer Wahrnehmung und der Situation, welches Wissen verwendet wird (Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005). Dies wurde insbesondere für lineare Funktionsgraphen untersucht. Ziel einer Studie von Becker, Knippertz, Kuhn, Kuntz und Ruzika (2022) war es, zu überprüfen, ob sich das Blickverhalten bei der Interpretation linearer Funktionsgraphen im Kontext von Mathematik und Kinematik unterscheidet. Aus dieser Studie geht hervor, dass in einem mathematischen Kontext die visuelle Aufmerksamkeit stärker auf den Funktionsgraphen gerichtet ist (Becker et al., 2022). Im Gegensatz dazu werden in einem kinematischen Kontext die Achsenbereiche des Diagramms, in dem der Funktionsgraph dargestellt wird, länger fixiert (Becker et al., 2022). Bisher gibt es keine Studien, die die visuelle Aufmerksamkeit beim Umgang mit konstanten Geraden, Graphen von konstanten, indirekt proportionalen Funktionen und Potenzfunktionen im Kontext von Mathematik und Thermodynamik vergleichen.

Methodik

Stichprobe. Die Untersuchung wurde im Mai 2023 mit SchülerInnen der 8. Schulstufe aus Gymnasien in Sachsen-Anhalt durchgeführt. Die Stichprobe bestand aus 20 SchülerInnen, wobei 7 Mädchen und 13 Jungen teilnahmen. Laut Fachlehrplan und verantwortlichen Lehrkräften waren diese SchülerInnen nicht mit thermodynamischen Zustandsänderungen vertraut, jedoch mit konstanten und indirekt proportionalen Funktionen.

Studiendesign und Ablauf. Die Studie basierte auf einem eingebetteten Design. Die dominierende Methode war die Erhebung von Blickdaten mittels Eye-Tracker. Diese Daten wurden mit qualitativen Daten aus einem Interview kombiniert. Die Untersuchung begann mit einer theoretischen Einführung, gefolgt von einem Test zum Verständnis von Funktionsgraphen, bei dem die entsprechenden Blickdaten aufgezeichnet wurden, und einem anschließenden Interview (siehe Abb. 1).

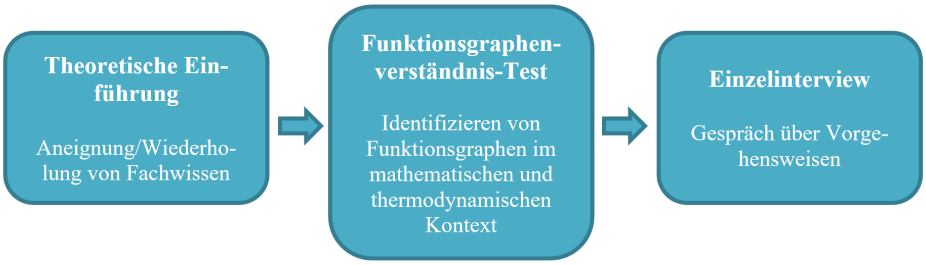


Abb. 1: Ablauf der empirischen Untersuchung

Instruktions- und Erhebungsmaterialien. Zu Beginn wurden der allgemeine Funktionsbegriff und die Definitionen einer konstanten und einer indirekt proportionalen Funktion anhand eines Theorieblattes wiederholt, welches die SchülerInnen eigenständig durcharbeiteten. Außerdem wurden thermodynamische Zustandsänderungen mit ihren charakteristischen Eigenschaften eingeführt. Die Funktionsgraphen bzw. die thermodynamischen Zustandsänderungen wurden nicht in den entsprechenden Diagrammen dargestellt.

Das Testinstrument zum Verständnis von Funktionsgraphen bestand aus 24 Items. Diese waren als Multiple-Choice-Aufgaben konzipiert, die als Antwortmöglichkeiten jeweils eine konstante Gerade und drei weitere Funktionsgraphen enthielten. Die Aufgabe bestand darin, den zugehörigen Funktionsgraphen bzw. die thermodynamische Zustandsänderung mit Hilfe eines Fachbegriffs zu identifizieren. Um die visuelle Aufmerksamkeit in beiden Kontexten und den Transfer vom bekannten zum unbekannten Kontext zu untersuchen, wurden in Mathematik und Thermodynamik ähnliche Items verwendet. Ähnlich bedeutet hier, dass die jeweils dargestellten kartesischen Koordinatensysteme bzw. p-V-Diagramme die gleichen Oberflächenmerkmale aufwiesen. In der Mathematik wurden kartesische Koordinatensysteme mit den typischen Achsenbeschriftungen x und y verwendet. In der Thermodynamik wurde dagegen das p-V-Diagramm verwendet, das die entsprechenden thermodynamischen Zustandsänderungen für begrenzte Druck- und Volumenwerte darstellte.

Im Interview wurden unter anderem Fragen zum Vorwissen gestellt. Im thermodynamischen Kontext sollte z.B. anhand der Formulierung einer thermodynamischen Zustandsänderung in eigenen Worten festgestellt werden, ob die Thematik von den SchülerInnen generell verstanden wurde. Zusätzlich wurden Fragen zur Bearbeitung der Multiple-Choice-Fragen anhand der beobachtbaren Blickpfade gestellt.

Ergebnisse

Beim Identifizieren eines Graphen einer Potenzfunktion wurde der Graph der Potenzfunktion im mathematischen Kontext im Mittel länger fixiert (siehe Abb. 2). Dagegen wurden die anderen Funktionsgraphen im thermodynamischen Kontext im Mittel länger fixiert. Weiterhin ist in Abbildung 2 zu erkennen, dass die jeweiligen Achsen im thermodynamischen Kontext im Mittel länger fixiert wurden. Mit Hilfe des Wilcoxon-Tests konnte festgestellt werden, dass im thermodynamischen Kontext die meisten Achsen und Achsenbeschriftungen der *p-V*-Diagramme signifikant länger fixiert wurden als im mathematischen Kontext. Besonders häufig wurde in beiden Kontexten der Verlauf des Graphen einer Potenzfunktion zur Identifikation herangezogen. Aus den Interviewdaten geht hervor, dass auf die Steigung des Funktionsgraphen geachtet wurde. Es wurde zudem deutlich, dass es den SchülerInnen in beiden Kontexten besonders schwer fiel, den Graphen einer Potenzfunktion vom Graphen einer indirekt proportionalen Funktion zu unterscheiden.

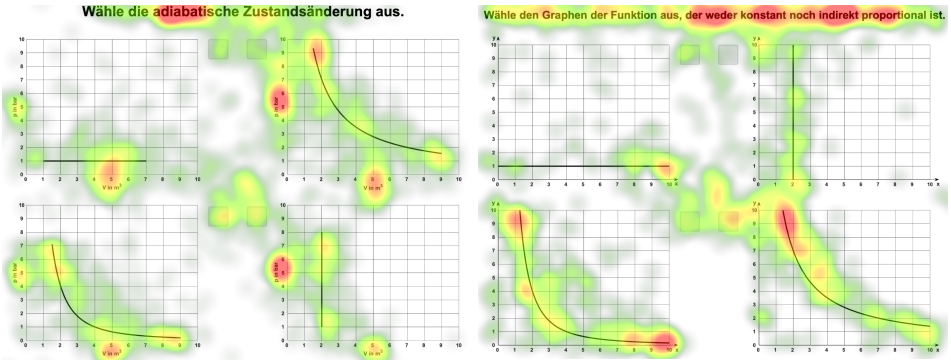


Abb. 2: Darstellung der Heatmaps als Dichteverteilung der Fixationsdauer kumuliert über die jeweiligen Bearbeitungszeiträume beim Identifizieren einer adiabatischen Zustandsänderung (links) und des Graphen einer Potenzfunktion (rechts) (n=20) (roter Bereich- Maximum der Fixationsdauer; grüner Bereich- Minimum der Fixationsdauer)

Die Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zeigen, dass bei der Identifikation eines konstanten Funktionsgraphen die Ordinaten der *p-V*-Diagramme, die die isochore und adiabatische Zustandsänderung zeigen, signifikant länger fixiert wurden als die Ordinaten der kartesischen Koordinatensysteme, die die konstante Gerade und die Potenzfunktion zeigen. Aus den Interviewdaten geht hervor, dass dies auf die Eigenschaft der isobaren Zustandsänderung zurückzuführen ist.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Vorgehensweisen im thermodynamischen Kontext von denen im mathematischen Kontext unterscheiden. Insbesondere hängt die Identifikation eines Graphen einer Potenzfunktion im thermodynamischen Kontext in besonderem Maße von den jeweils dargestellten Achsen ab.

Trotz der methodischen Einschränkungen bilden die Ergebnisse eine erste Grundlage für die Entwicklung adaptiver Lernsysteme zum Thema Zustandsänderungen in der Thermodynamik. Sie stellen einen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen zur visuellen Aufmerksamkeit bei der Identifikation thermodynamischer Zustandsänderungen dar.

Literatur

Adila, A. S. D., Sutopo & Wartono (2018). Students' reasoning in analyzing temperature from PV diagram representing unfamiliar thermodynamics process. *Journal of Physics Conference, 1097(1)*, 012012. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/01201

Becker, S., Knippertz, L., Kuhn, J., Kuntz, L., & Ruzika, S. (2022). Blickdatenanalyse bei der Interpretation linearer Graphen im mathematischen und physikalischen Kontext. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), *Die Zukunft des MINT-Lernens–Band 1: Perspektiven auf (digitalen) MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung* (S. 181-192). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66131-4

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*, 89.

Saepuzaman, D., Sriyansyah, S. P., & Karim, S. (2019). Unpacking Preservice Physics Teachers' Understanding of the PVT Diagram and the Associated Mathematics. *Journal of Physics Conference 1204(1)*, 012032. https://doi.org/10.1088/1742- 6596/1204/1/012032

Simon Tautz[1] [1]IPN Kiel
Stefan Sorge[1] [2]FU Berlin
Marcus Kubsch[2]

Mithilfe von Bayesian Updating Activities zur epistemischen Kognition?

In der öffentlichen Debatte zu gesellschaftlichen Herausforderungen wie dem Klimawandel oder der Energieversorgung zeigt sich immer wieder, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse von Teilen der Bevölkerung abgelehnt werden (z.B. in der Leugnung des menschlichen Einflusses auf den Klimawandel). Dabei kann die Ablehnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse nicht allein durch einen Mangel an Fachwissen erklärt werden (Sinatra & Hofer, 2021). Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen, dessen Eigenschaften und den Erkenntnisgewinnungsprozess - kurz die epistemische Kognition (Greene et al., 2008) - spielen bei diesem Problem eine zentrale Rolle (Rosenberg et al., 2022).

Die epistemische Kognition spielt vor allem dann eine Rolle, wenn verschiedene Erklärungen für ein Phänomen gegeneinander abgewogen werden müssen oder die Verlässlichkeit (oder Sicherheit) einer Information bewertet werden muss. Eine besondere Herausforderung stellt hier der Umgang mit der Unsicherheit des Wissens dar. Es gilt zwischen der unhinterfragten Akzeptanz von Befunden und der nihilistischen Ablehnung aller Wissenschaft als vorläufige Erkenntnis abzuwägen (Sinatra et al., 2014). Die bayessche Wissenschaftsphilosophie bietet Ansätze mit dieser Unsicherheit produktiv umzugehen (Sprenger & Hartmann, 2019). Angelehnt an die bayessche Statistik, wird das Vorwissen in die Bewertung neuer Evidenz einbezogen. Die Statistik liefert dabei einen mathematischen Rahmen, um die Wahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung vorliegender Evidenz als Sicherheit des Kenntnisstandes zu bewerten. Mit jeder zusätzlich hinzugezogenen Evidenz kann das Verfahren wiederholt werden. Auf diese Weise kann die Verlässlichkeit des eigenen Wissens beständig aktualisiert werden.

Die von Warren (2018) entwickelten Bayesian Updating Activities (BUA) sind ein expliziter Ansatz um die epistemische Kognition unter Einsatz der bayesschen Statistik im Unterricht zu behandeln. Bei den BUA werden bestehende oder eigens dafür gestellte Aufgaben mit epistemischen Aktivitäten wie dem Aufstellen einer auf dem Vorwissen basierenden Hypothese, dem Sammeln von Evidenz und der Bewertung dieser verbunden. Das Vorwissen findet dabei als Wahrscheinlichkeit, dass die aufgestellte Hypothese zutrifft, mit Eingang in die Rechnung. Die Evidenz wird mathematisch mit dem Bayes Faktor *R* berücksichtigt.

$$R = \frac{P(E|H)}{P(E|\neg H)}$$

Dieser gibt das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten an, mit der eine bestimmte Evidenz *E* unter der Annahme der Hypothese *H* im Vergleich dazu auftritt, wenn *H* nicht zutrifft. Die Lernenden werden bei einer Aufgabe also zunächst aufgefordert eine zu untersuchende Hypothese aufzustellen. Dann geben sie eine Wahrscheinlichkeit an, mit der sie annehmen, dass die Hypothese zutrifft. Mit der Hypothese und der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit wird das Vorwissen ausgedrückt. Nachdem die Aufgabe bearbeitet wurde und somit neue Evidenz vorliegt, wird der Bayes Faktor als Korrektur der Vorerwartungen abgeschätzt. Dabei können in die Bewertung z.B. die Ergebnisse selbst oder auch die Quelle der Evidenz (z.B. bei Rechercheaufträgen) mit eingehen. Mit Hilfe dieses Vorgehens untersuchte Warren (2020)

die Entwicklung der epistemischen Kognition von Studierenden unter Verwendung des Epistemological Beliefs Assessment for Physical Sciences (EBAPS) (Elby, 2001). Durch die Verwendung von BUA konnten signifikante Zugewinne in den EBAPS Dimensionen *Structure of scientific knowledge* und *Real life applicability* beobachtet werden (Warren, 2020). Ob und wie die BUA die epistemische Kognition von Schüler*innen auch bereits in der Mittelstufe beeinflussen kann, ist noch unklar.
Aus der Beschreibung der BUA ist bereits ablesbar, dass nicht jede beliebige Aufgabe durch eine BUA ergänzt werden kann. Forschend-entdeckender Unterricht ist aufgrund seiner Strukturierung geeignet um BUA einsetzen zu können, da hier Inhalte und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gleichermaßen integriert werden.

Geplante Studie

Im Projekt „Forschen mit epistemischer Unsicherheit lernen“ (FEUL) wird untersucht, wie sich die epistemische Kognition von Schüler*innen im Unterricht mit BUA verändert. Dazu werden Unterrichtsmaterialien entwickelt, die den Ansatz des Projekt-basierten Lernens (PBL) verfolgen, in denen die BUA dann eingesetzt werden können.
Als Vorlage für die Materialien dienen die Unterrichtseinheiten aus dem OpenSciEd Projekt (Edelson et al., 2021). Diese wurden für Schulen in den USA entwickelt und bezüglich ihrer Lernwirksamkeit bereits beforscht (OpenSciEd, o.J.).
Die von Warren (2018) entwickelten BUA sind für den Unterricht in der Schule weniger geeignet, da dort mit dem mathematisch anspruchsvollen Satz von Bayes gearbeitet wird. Die BUA werden daher in der Studie mithilfe des von Rosenberg et al. (2022) entwickelten Confidence Updaters durchgeführt (siehe Abb. 1). Dieser bietet eine einfach zu bedienende Oberfläche, die als Rahmen die epistemischen Aktivitäten scaffolded. Zur Berücksichtigung des Vorwissens wird in einem Textfeld die Hypothese festgehalten und mit einem einfachen Schieberegler eingestellt, wie sicher sich die Schüler*innen sind, dass ihre Hypothese zutrifft. Zur Abschätzung der Evidenz ist eine 7-stufige Likert Skala mit jeweils eigenem, beschreibendem Prompt gegeben. Damit wird die komplizierte Wahrscheinlichkeitsabschätzung auf diese Stufen reduziert. Dabei ist eine Begründung der Wahl durch die Schüler*innen in der unterrichtlichen Einbettung wichtig. Nach der Eingabe berechnet der Confidence Updater mithilfe des Satzes von Bayes die Zutreffenswahrscheinlichkeit der Hypothese. Dadurch wird es auch möglich, die berechnete Wahrscheinlichkeit aus der Durchführung als neue vorherige Sicherheit in die nächste Anwendung zu übernehmen.
Zur Einführung der BUA in den Unterricht soll das Vorgehen an einem Beispiel erarbeitet werden. In diesen wird die historische Entwicklung des Kenntnisstands zum Planeten Vulkan nachvollzogen und der Confidence Updater wiederholt angewendet. Dabei werden keine Fachinhalte vermittelt, sodass der Fokus allein auf den epistemischen Aktivitäten liegt.
Die zur Untersuchung der epistemischen Kognition adaptierten Einheiten sollen von sechs Lehrkräften eingesetzt werden. In der Treatment Gruppe (3 Lehrkräfte) wird nach der ersten Aufgabe mit Bezug zu Evidenz die BUA eingeführt und bei den folgenden Aufgaben mit Evidenz eingesetzt. Die Kontrollgruppe (3 Lehrkräfte) führt die Einheit ohne BUA durch. In einem Prä-Post-Test Verfahren wird die epistemische Kognition der Schüler*innen mithilfe von validierten Tests erhoben (z. B. EBAPS). Zusätzlich sollen die Argumentationen von Schüler*innen in Gruppenarbeitsphasen mithilfe von Ansteckmikrophonen aufgezeichnet werden. Dadurch ist ein Einblick in die Argumentationsstruktur möglich und die Wirkung des

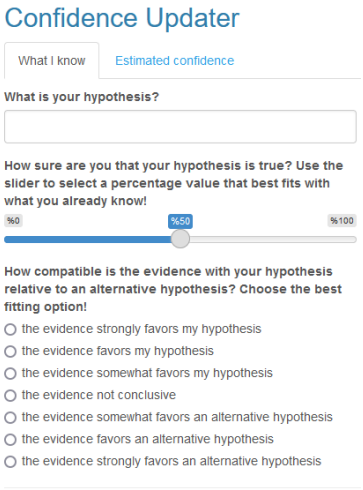


Abb. 1 Eingabemaske des Confidence Updaters

Scaffolding kann nachvollzogen werden. Zusätzliche Interviews mit Lehrkräften und Schüler*innen dienen als weitere Datenquelle.

Zusammenfassung

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse spielen eine wichtige Rolle bei der Bewertung und Lösung von Problemen. Insbesondere die inhärente Unsicherheit dieser Erkenntnisse stellt für viele Menschen eine Herausforderung dar. Mit den Bayesian Updating Activities existiert ein vielversprechender Ansatz, die epistemische Kognition von Schüler*innen zu verbessern (Warren, 2020). Durch den reflektierten Umgang mit Erkenntnissen sollen die Schüler*innen parallel zum Fachwissen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bzw. naturwissenschaftliches Denken erlernen. Durch das Scaffolding mit dem Confidence Updater wird erwartet, dass produktive Diskussionen zum Stand des Wissens und zur Bewertung vorliegender Evidenz entstehen. Hierbei stellt sich noch die Frage, welche Dimensionen der epistemischen Kognition dabei besonders angesprochen werden und ob die beeinflusste Dimension mit der von den Lernenden bewerteten Evidenz zusammenhängt. So scheint zum Beispiel ein stärkerer Einfluss auf die EBAPS Dimension *evolving knowledge* durch einen iterativen Einsatz des Confidence Updaters plausibel. Diese Dimension stellt dar, wie die Lernenden zwischen den Polen *absolutes Wissen* (alles Wissen ist fest und unveränderlich) und *extremer Relativismus* (keine Unterscheidung zwischen einer Evidenzbasierten Argumentation und einer einfachen Meinungsäußerung) stehen (EBAPS, o.J). Warren (2020) konnte in dieser Dimension keine signifikanten Änderungen feststellen, gibt aber zu bedenken, dass in der Durchführung zu selten die gleiche Hypothese beim Bayesian Updating verwendet wurde. Hier könnte die Kombination von BUA und der Storyline geleiteten PBL Einheit von OpenSciEd ein anderes Ergebnis begünstigen.

Danksagung
Diese Arbeiten werden durch die Joachim Herz Stiftung gefördert.

Literatur

EBAPS. (o.J.). EPISTEMOLOGICAL BELIEFS ASSESSMENT FOR PHYSICAL SCIENCE (EBAPS). http://www2.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.htm

Edelson, D. C., Reiser, B. J., McNeill, K. L., Mohan, A., Novak, M., Mohan, L., Affolter, R., McGill, T. A. W., Buck Bracey, Z. E., Deutch Noll, J., Kowalski, S. M., Novak, D., Lo, A. S., Landel, C., Krumm, A., Penuel, W. R., Van Horne, K., González-Howard, M., & Suárez, E. (2021). Developing Research-Based Instructional Materials to Support Large-Scale Transformation of Science Teaching and Learning: The Approach of the OpenSciEd Middle School Program. *Journal of Science Teacher Education*, *32*(7), 780–804. https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1877457

Elby, A. (2001). Helping physics students learn how to learn. *American Journal of Physics*, *69*(S1), S54–S64. https://doi.org/10.1119/1.1377283

Greene, J. A., Azevedo, R., & Torney-Purta, J. (2008). Modeling Epistemic and Ontological Cognition: Philosophical Perspectives and Methodological Directions. *Educational Psychologist*, *43*(3), 142–160. https://doi.org/10.1080/00461520802178458

Kunda, Z. (1990). The case for motivated reasoning. *Psychological Bulletin*, *108*(3), 480–498. https://doi.org/10.1037/0033-2909.108.3.480

OpenSciEd. (o.J.) *Committed to Quality*. OpenSciEd. https://www.openscied.org/quality/

Rosenberg, J. M., Kubsch, M., Wagenmakers, E.-J., & Dogucu, M. (2022). Making Sense of Uncertainty in the Science Classroom: A Bayesian Approach. *Science & Education*, *31*(5), 1239–1262. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00341-3

Sinatra, G. M., & Hofer, B. K. (2021). *Science Denial: Why It Happens and What to Do about It*. Oxford University Press, Incorporated. http://ebookcentral.proquest.com/lib/christianalbrechts/detail.action?docID=6638293

Sinatra, G. M., Kienhues, D., & Hofer, B. K. (2014). Addressing Challenges to Public Understanding of Science: Epistemic Cognition, Motivated Reasoning, and Conceptual Change. *Educational Psychologist*, *49*(2), 123–138. https://doi.org/10.1080/00461520.2014.916216

Sprenger, J., & Hartmann, S. (2019). *Bayesian Philosophy of Science*. Oxford University Press.

Warren, A. R. (2018). Quantitative critical thinking: Student activities using Bayesian updating. *American Journal of Physics*, *86*(5), 368–380. https://doi.org/10.1119/1.5012750

Warren, A. R. (2020). Impact of Bayesian updating activities on student epistemologies. *Physical Review Physics Education Research*, *16*(1), 010101. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010101

Sebastian Nickel[1]
Steffen Brockmüller[1]
Sebastian Habig[1]

[1]FAU Erlangen Nürnberg

Wie nutzen Studierende Repräsentationen zur Komplexchemie?

Theorie & Problemlage

Beim Lernen chemischer Fachkonzepte (Rau, 2017) und bei Problemlöseprozessen (Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000) spielen Repräsentationen eine zentrale Rolle. Chemiker:innen nutzen eine große Bandbreite an zwei- und drei-dimensionalen Repräsentationen, wie Diagramme, Graphen, Strukturformeln oder Reaktionsgleichungen, um nicht sichtbare chemische Phänomene zu verstehen und darzustellen (Harle & Towns, 2011; Rau, 2017). Unter Repräsentationen verstehen wir in diesem Projekt externe visuell-graphische (z. B. Kugel-Stab-Modelle) und symbolische (z. B. Reaktionsgleichungen) Visualisierungen, sowie hybride Formen daraus (z. B. Keilstrichformeln). Daher werden verbal-textliche Repräsentationen (gesprochener und geschriebener Text) hier ausgeklammert (Schnotz & Bannert, 2003; Nitz, 2012; Dickmann, 2019). Das Lernen mit Repräsentationen geht dabei mit einem Problem einher, das Rau (2018) als Repräsentationsdilemma bezeichnet: Lernende müssen chemische Inhalte, die sie noch nicht verstehen mit Repräsentationen lernen, die sie ebenfalls noch nicht verstehen. Um dieses Dilemma zu überwinden, müssen Lernende Repräsentationskompetenzen entwickeln, die einen erfolgreichen Umgang mit Repräsentationen ermöglichen (Rau, 2018).
In diesem Projekt werden die Lower-Level Skills *Interpretation*, *Translation* und *Konstruktion* (Abb. 1) von Kozma und Russell (2007) zugrunde gelegt (Nitz, 2012; Gurung, Jacob, Bunch, Thompson, & Popova, 2022). Diese Fähigkeiten stellen die Grundlage für das Arbeiten mit Repräsentationen dar (Kozma & Russell, 2007) und korrespondieren mit den drei Kriterien für den erfolgreichen Umgang mit Repräsentationen von Gilbert (2008). Des Weiteren stellen sie die Basis für die drei Higher-Level Skills *Kritik*, *Epistemologie* und *Argumentation* dar (Gurung et al., 2022).

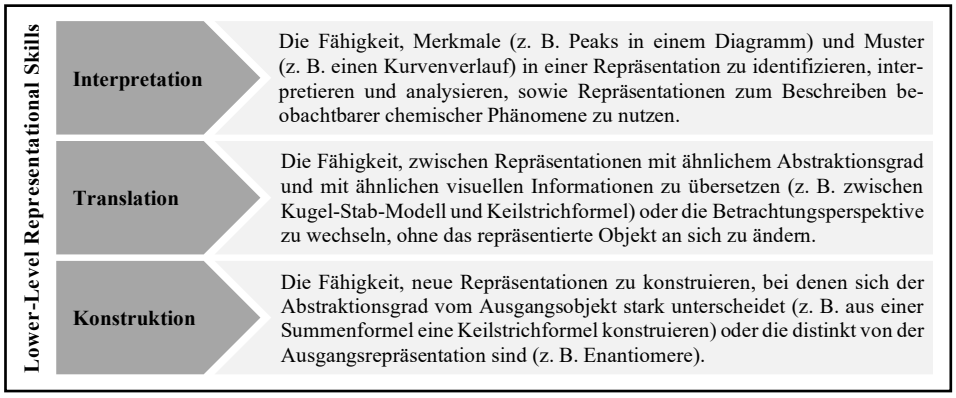


Abb. 1: *Lower-Level Representational Skills mit Definitionen (Kozma & Russell, 2007; Nitz, 2012; Gurung et al., 2022).*

Selbst mit elaborierten Repräsentationskompetenzen können chemische Repräsentationen eine Herausforderung darstellen. Besonders Darstellungen chemischer Verbindungen und

ihres räumlichen Aufbaus sind herausfordernd, da sie einen hohen Grad an räumlicher Abstraktion erfordern (Rau, 2017). Dementsprechend werden neben Fachwissen und Repräsentationskompetenzen noch räumliche Fähigkeiten benötigt, also die Fähigkeiten, mental abstrakte visuelle Bilder zu erzeugen, zu manipulieren und abzuspeichern (Lohman, 1979, S. 126). Die räumlichen Fähigkeiten können mithilfe der Cattell-Horn-Carroll-Theorie in verschiedene Faktoren differenziert werden, wie beispielsweise die Fähigkeit, Objekte mental drei-dimensional zu rotieren (*Spatial Relation*) oder die Fähigkeit, Muster in einem ablenkenden Umfeld zu erkennen (*Felxibility of Closure*) (Ekstrom et al., 1976; Schneider & McGrew, 2012).
Zwar gibt es bereits Forschung über den Zusammenhang von Repräsentationen, Repräsentationskompetenzen, Fachwissen und räumlichen Fähigkeiten, allerdings berücksichtigen diese lediglich einige dieser Faktoren. Diese Faktoren sind stark miteinander verknüpft und spielen beim Arbeiten mit chemischen Repräsentationen eine besondere Rolle. Daher soll in der ersten Teilstudie dieses Projekts näher beleuchtet werden, wie Studierende mit Repräsentationen arbeiten, welche kognitiven Prozesse dabei ablaufen und welche Hindernisse sich dabei ergeben.

Forschungsfragen

Aus der Theorie und der skizzierten Forschungslücke lassen sich für die erste Teilstudie folgende Forschungsfragen ableiten:

FF1 Welche kognitiven Prozesse externalisieren Studierende bei der *Interpretation*, *Translation* und *Konstruktion* von Keilstrichformeln und Kugel-Stab-Modellen im Bereich der Komplexchemie?

FF2 Welche Hindernisse externalisieren Studierende bei der *Interpretation*, *Translation* und *Konstruktion* von Keilstrichformeln und Kugel-Stab-Modellen im Bereich der Komplexchemie?

Methodik

Zur Untersuchung der Forschungsfragen haben wir einen qualitativen Ansatz mit der Methode des *Lauten Denkens* gewählt. Chemiestudierende haben repräsentationsbasierte Chemieaufgaben bearbeitet und dabei ihre Gedanken verbalisiert, wobei sie videographiert wurden. Die Videos spielen hier eine wichtige Rolle, um Gesten und Handbewegungen zu erfassen, die beispielsweise die Rotation eines Objekts gestisch nachbilden sollen. Diese wurden mit MAXQDA 2022 transkribiert und durch eine qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet: Für FF1 wurde ein deduktiv festgelegtes und für FF2 ein induktiv entwickeltes Kategoriensystem angewendet (Mayring & Fenzl, 2019). In Tabelle 1 sind die (Ober)Kategorien dargestellt.

Tabelle 1: *Übersicht der Kategorien bzw. Selektionskriterien für die Kodierung.*

Kategorien für die Externalisierung kognitiver Prozesse (FF1)
Verbalisieren von Fakten- & Konzeptwissen *Explizite Verbalisierungen von Fakten- und Konzeptwissen, das nicht aus der Repräsentation abgeleitet werden kann, wie Definitionen, die Benennung von Stoffen, oder Fachwissen über Repräsentationen.*
Verbalisieren von Repräsentationsmerkmalen *Verbalisierung von Merkmalen und Mustern einer Repräsentation, der Vergleich multipler externer Repräsentationen oder die Externalisierung von internen in externe Repräsentationen (z. B. Skizzen).*
Externalisieren von räumlichen Operationen *Verbalisierungen zum räumlichen Bau eines Komplexes, Beschreibungen von mentalen Manipulationen, wie der Rotation oder Spieglung eines Komplexes, und Gesten, die diese Strukturen/Prozesse simulieren.*

Selektionskriterien für die Identifikation von Hindernissen (FF2)

Explizit verbalisierte Hindernisse

Eine Person verbalisiert, dass sie Aufgaben als schwierig empfindet, dass sie nicht weiterweiß oder ratlos ist (Dörner, 1976; Göhner & Krell, 2021).

Implizite Hindernisse

(1) Eine Person macht längere Pausen beim lauten Denken, (2) bearbeitet eine Aufgabe unsicher, (3) bringt fehlerhafte Informationen ein, die das erfolgreiche Lösen einer Aufgabe verhindern oder (4) tätigt Aussagen, die distinkt zu selbst gestalteten Repräsentationen sind (Dörner, 1976; Göhner & Krell, 2021).

Datenerhebung

Zunächst wurde ein Testheft mit repräsentationsbasierten Chemieaufgaben für die Datenerhebung entwickelt. Für jede der drei Lower-Level Representational Skills (Abb. 1) wurde ein Aufgabenblock entwickelt. Alle Aufgaben fokussieren Inhalte aus der Komplexchemie, da diese einen hohen Bezug zu räumlichen Fähigkeiten bieten. Dies spiegelt sich in den zwei für die Aufgaben gewählten Repräsentationsformen wider: Kugel-Stab-Modelle als drei-dimensionale und Keilstrichformeln als zwei-dimensionale Visualisierungen für Komplexe (Stieff, et al., 2018). Diese Repräsentationsformen sind aus der Sichtung von 15 Standardlehrwerken an deutschen Hochschulen für anorganische Chemie als gängig für die Visualisierung von Komplexen hervorgegangen.

Die Aufgaben wurden so formuliert, dass diese ohne Unterbrechung bearbeitet werden konnten. Zusätzlich wurde unterstützendes Material in Form von Tipp-Kärtchen mit relevantem Fachwissen bereitgelegt, das für das Lösen der Aufgaben benötigt wurde.

An der Studie haben 25 Lehramtsstudierende ($n_{♀} = 17$, $n_{♂} = 8$) im Alter zwischen 20 und 26 Jahren ($M = 22.04$, $SD = 1.73$) im Sommer 2023 teilgenommen. Alle Studierenden hatten bereits Vorwissen zur Komplexchemie.

Erste Ergebnisse

Für die Kodierung der externalisierten kognitiven Prozesse zeigt sich eine substanzielle Übereinstimmung (Landis & Koch, 1977) zwischen den Codern von $\kappa = .65$ (Brennan & Prediger, 1981) beim Vergleich von drei Transkripten mit einer Codeüberlappung von 90 %. Die Übereinstimmung für *Verbalisieren von Fakten- & Konzeptwissen* (Tab. 1) ist am geringsten und bedarf einer Anpassung und Erweiterung mit Beispielen und Gegenbeispielen.

Erste Eindrücke deuten darauf hin, dass die Studierenden für die *Interpretation* neben den Repräsentationsmerkmalen auf Fakten- und Konzeptwissen zurückgreifen, nicht aber auf räumliche Fähigkeiten. Bei der *Translation* und *Konstruktion* scheint es genau umgekehrt zu sein. Hier scheinen lediglich die Repräsentationsmerkmale und räumliche Fähigkeiten für die Bearbeitung relevant zu sein. Weitere Analysen hierzu stehen aus.

Ausblick

Aktuell gibt es keine empirische Bestätigung des Modells in Abbildung 1. Ebenso gibt es kein dafür geeignetes Testinstrument. Daher soll im zweiten Teil des Projekts ein Instrument zur Messung der drei Lower-Level Representational Skills konstruiert werden, mit dem sich das Modell empirisch prüfen lässt. Dieser Test soll anschließend gemeinsam mit psychometrischen Tests zu verschiedenen Faktoren räumlicher Fähigkeiten eingesetzt werden, um den Zusammenhang zwischen den beiden Konstrukten detaillierter zu beleuchten.

Literatur

Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement, 41*(3), S. 687-699. doi:10.1177/001316448104100307

Dickmann, T. (2019). Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie - Zwei Seiten einer Medaille. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 286). Berlin: Logos.

Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung.* Stuttgart: Kohlhammer.

Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Derman, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests.* Princeton (NJ): Education Testing Service.

Göhner, M., & Krell, M. (2021). Was ist schwierig am Modellieren? Identifikation und Beschreibung von Hindernissen in Modellierungsprozessen von Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27*, S. 155-180. doi:10.1007/s40573-021-00131-4

Gurung, E., Jacob, R., Bunch, Z., Thompson, B., & Popova, M. (2022). Evaluating the Effectiveness of Organic Chemistry Textbooks for Promoting Representational Competence. *Journal of Chemical Education, 99*(5), S. 2044-2054. doi:10.1021/acs.jchemed.1c01054

Harle, M., & Towns, M. (2011). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education, 88*(3), S. 351-360. doi:10.1021/ed900003n

Kozma, R., & Russell, J. (2007). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Visualization in Science Education* (S. 121-146). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/1-4020-3613-2_15

Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The Roles of Representations and Tools in the Chemistry Laboratory and Their Implications for Chemistry Learning. *Journal of the Learning Sciences, 9*(2), S. 105-143. doi:10.1207/s15327809jls0902_1

Landis, J., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics, 33*(1), S. 159-174. doi:10.2307/2529310

Lohman, D. F. (1979). *Spatial Ability: A Review and Reanalysis of the Correlational Literature.* Stanford: Aptitude Research Project, School of Education, Stanford University.

Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur, & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633-648). Wiesbaden: Springer.

Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht : Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen.* Kiel: Christian-Albrechts-Universität.

Rau, M. A. (2017). Do Knowledge-Component Models Need to Incorporate Representational Competencies? *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 27*(2), S. 298-319. doi:10.1007/s40593-016-0134-8

Rau, M. A. (2018). Making connections among multiple visual representations: how do sense-making skills and perceptual fluency relate to learning of chemistry knowledge? *Instructional Science, 46*(2), S. 209-243. doi:10.1007/s11251-017-9431-3

Schneider, J., & McGrew, K. (2012). The Cattell-Horn-Carroll (CHC) Model of Intelligence. In D. P. Flanagan, & E. M. McDonough (Hrsg.), *Contemporary Intellectual Assessment - Theories, Tests, and Issues* (S. 99-144). New York: Guilford Publications.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction, 13*(2), S. 141-156. doi:10.1016/S0959-4752(02)00017-8

Stieff, M., Origenes, A., DeSutter, D., Lira, M., Banevicius, L., Tabang, D., & Cabel, G. (2018). Operational Constraints on the Mental Rotation of STEM Representations. *Journal of Educational Psychology, 110*(8), S. 1160-1174. doi:10.1037/edu0000258

Lisa Wedekind[1]
Pascal Pollmeier[1]
Sabine Fechner[1]

[1]Universität Paderborn

Analyse der Analogiebildung in kontextorientierten Lernumgebungen

Motivation & Einführung

Das Lernen in kontextorientierten Lernumgebungen hat eine zentrale Bedeutung im Chemieunterricht (Gilbert et al., 2011). Es wird jedoch berichtet, dass das Wissen, das Schüler*innen in einem Kontext gelernt haben, häufig nicht in einem anderen Kontext angewendet wird (Gilbert et al., 2011; Engle, Holyoak & Stigler, 2002; Perkins & Salomon, 1989). Wie das in einer Situation erlernte Wissen in einer anderen Situation angewendet werden kann, wird als Transfer bezeichnet (Dori & Sasson, 2013; Singley & Anderson, 1989). Daraus lässt sich schließen, dass der Wissenstransfer nur erschwert stattfindet und somit gefördert werden muss. Aus Studien wird deutlich, dass die Gestaltung der Lernumgebung einen Einfluss auf die Transferleistung der Schüler*innen hat (Detterman, 1993). So werden zum Beispiel das Arbeiten mit multiplen Kontexten sowie die Analogiebildung als förderliche Unterstützungen für den Transfer angesehen (Kehne, 2019; Mason & Tornatora, 2016; Billing, 2007; Holyoak & Koh, 1987).
Aufbauend auf der Studie von Kehne (2019) soll die Bildung selbstgenerierter Analogien in Bezug auf die Transferleistung weiter erforscht werden, um zu analysieren, welche Analogiearten die Transferleistung besonders unterstützen. Das Ziel der Prozessanalyse ist es, den Einfluss der Analogiearten auf den Transfer tiefergehend zu analysieren.

Theoretischer Hintergrund

Eine Analogie beruht auf der Beziehung zwischen zwei Situationen (Gentner & Smith, 2012), die ein gemeinsames Merkmal aufweisen. Unter einer Analogie wird eine besondere Art der Ähnlichkeit verstanden. Beim Bilden von Analogien zwischen zwei Domänen liegt immer ein Quell- als auch ein Zielbereich vor. Bei der Quelldomäne handelt es sich dabei um einen bereits vertrauten Bereich, wohingegen der Zielbereich ein unbekannter Bereich ist (Holyoak, 2005). Laut Curtis & Reigeluth (1984) kann eine Analogie dabei als einfach, angereichert oder erweitert beschrieben werden. Eine einfache Analogie setzt sich aus der Quelldomäne und der Zieldomäne zusammen und kann einen Konnektor (z.B. „ist wie“) als Verbindungsobjekt beinhalten. Sowohl die angereicherte als auch die erweiterte Analogie weisen zusätzlich noch eine Erklärung der Analogie auf. Des Weiteren können die Elemente aus dem Zielbereich und Quellbereich der Analogie konkret oder abstrakt sein. Konkret meint dabei, dass ein Element einer Domäne durch die Sinnesorgane erkannt werden kann, wohingegen dies beim Abstrakten nicht der Fall ist. Des Weiteren kann eine Analogie als funktional oder strukturell beschrieben werden. Strukturell meint dabei, dass Quelle und Ziel beispielsweise ein ähnliches Aussehen haben können oder eine ähnliche Struktur. Bei der funktionalen Analogie hingegen geht es um die Funktionen, die sie haben.
Das Unterrichten mit Analogien zeigt im Primarbereich einen positiven Effekt auf das Verständnis (Newton & Newton, 1995) sowie im Sekundarbereich eine bessere Behaltensleistung. Besonders Schüler*innen mit geringem Vorwissen wird durch das Arbeiten mit Analogien das Erschließen komplexer Sachverhalte vereinfacht (Sumfleth & Kleine, 1999). Auch Studierende geben an, dass sie durch eine analogiebasierte Vorlesung

neue Konzepte besser verstehen sowie ein höheres Interesse an der Vorlesung haben (Keri & Elbatarny, 2021).
Durch das Herstellen von Beziehungen zwischen dem Quell- und dem Zielbereich, können plausible Schlussfolgerungen über den Zielbereich gezogen werden. Analoges Denken ist ein komplexer Prozess, bei dem es darum geht, strukturiertes Wissen aus dem Gedächtnis abzurufen, um Schlussfolgerungen zu ziehen und Schemata auszubilden (Holyoak, 2005). Dies spiegelt sich ebenfalls im Analogie-Transfer-Prozess von Holyoak (2005) wider. Dieser setzt sich aus Retrieval (Abrufen von Wissen sowie das Enkodieren), Mapping (Gemeinsamkeiten zwischen Quell- und Zielbereich werden erkannt) und dem Transfer zusammen. Transfer beschreibt, wie das Wissen, das in einem Kontext gelernt wurde, in einem anderen Bereich angewendet werden kann (Singley & Anderson, 1989).

Hintergrund-Design (Kehne, 2019)
Die Analyse geht aus der Dissertation von Kehne (2019) hervor. Die erhobenen Prozessdaten während der Bearbeitung der Aufgaben werden in Bezug auf tiefergehende Fragestellungen reanalysiert. Ziel der Analyse ist es, den Einfluss des Designs der Lernumgebung auf die Transferleistung der Lernenden zwischen verschiedenen Kontexten zu analysieren. Es gibt drei Interventionsgruppen, die sich in ihrer Lernumgebung in Bezug auf den Grad der Kontextualisierung unterscheiden. Insgesamt nahmen an der Studie N=193 Schüler*innen der 8. Jahrgangsstufe teil (M_{Alter} = 13.27; SD= .58).

Tabelle 1: Übersicht über die drei Interventionsgruppen und deren Lerneinheiten.

	Lerneinheit I	**Lerneinheit II**	**Lerneinheit III**	**Lerneinheit IV**
Interventionsgruppe I (Kontext-Gruppe)	Kontext & Experiment	Kontext & Analogie-aufgabe	Kontext & Experiment	Kontext & Analogie-aufgabe
Interventionsgruppe II (Konzeptgruppe)	Kontext & Experiment	Konzept-aufgabe	Kontext & Experiment	Konzept-aufgabe
Interventionsgruppe III (Schemagruppe)	Kontext & Experiment	Kontext & Analogie-aufgabe	Kontext & Experiment	Schema herausarbeiten

Der Kontext in Lerneinheit I handelte von Ötzi und der Kupferherstellung, wobei die Schüler*innen problemorientiert durch ein Experiment herausfinden sollten, wie Ötzi an sein Kupfer kam. Der Kontext in der Lerneinheit II war die Taucherfackel. Am Ende der Lerneinheit II wurden die Schüler*innen dazu aufgefordert, die Gemeinsamkeiten von Lerneinheit I und Lerneinheit II herauszuarbeiten (Interventionsgruppe I und III). Der Kontext in Lerneinheit III beschäftigte sich mit Sodbrennen. Die Schüler*innen sollten problemorientiert und mit Hilfe eines Experiments herausfinden, wie Sodbrennen behandelt werden kann. Der Kontext in Lerneinheit IV war der saure Fußballrasen. Am Ende der Lerneinheit IV sollten die Schüler*innen die Gemeinsamkeiten zwischen den Kontexten herausfinden (Interventionsgruppe I) beziehungsweise die Kontexte miteinander vergleichen und das zugrundeliegende Schema herausarbeiten (Interventionsgruppe III). Die zugrundeliegenden Konzepte sind in Lerneinheit I und II die Redoxreaktion und in Lerneinheit III und IV die Neutralisationsreaktion.
Die Ergebnisse der Studie von Kehne (2019) zeigen, dass es bezüglich der nahen Transferleistung zwischen den drei verschiedenen Interventionsgruppen keine signifikanten Unterschiede gibt. Bei der fernen Transferleistung zeigt sich jedoch, dass die Schüler*innen der Kontext- und Schema-Gruppe bessere Ergebnisse erzielen. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der Schema- und Konzept-Gruppe. Mit Blick auf die kognitiv

schwächeren Schüler*innen zeigt sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen Kontext- und Konzeptgruppe in der nahen Transferleistung. Es wird deutlich, dass die kognitiv schwächeren Schüler*innen der Kontext- und Schema-Gruppe sowohl in der nahen als auch in der fernen Transferleistung höhere Ergebnisse erzielen. Außerdem wird ersichtlich, dass die Schüler*innen der Kontext-Gruppe mehr Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen dem Quell- und dem Transferkontext hergestellt haben als die Schüler*innen der Schema- und Konzept-Gruppe.

Forschungsvorhaben

Aus dem Hintergrund-Design von Kehne (2019) und dem Ziel der Studie, den Einfluss der Analogiearten auf den Transfer tiefergehend zu analysieren, ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: Welchen Einfluss haben unterschiedlich instruierte Lerneinheiten auf die Bildung von Analogien?

FF2: Welchen Einfluss hat die Analogieart auf den Transferprozess?

FF3: Welchen Einfluss hat die Analogieart auf die Transferleistung?

Der Transferprozess bezieht sich auf den Analogietransferprozess von Holyoak (2005), wohingegen sich die Transferleistung auf die Ergebnisse aus der Studie von Kehne (2019) bezieht. Um das Ziel zu erreichen, wird die Interventionsstudie von Kehne (2019) vertiefend in Bezug auf die Analogiebildung analysiert, da diese dahingehend noch viel Potential bietet. So kann in der Interventionsstudie tiefergehend analysiert werden, welche Arten von Analogien die Schüler*innen bilden und welchen Einfluss die verschiedenen Arten letztlich auf die Transferleistung haben. So soll herausgefunden werden, welche Analogiearten primär gefördert werden sollten, damit eine hohe Transferleistung von den Schüler*innen erzielt werden kann. Von allen Interventionsgruppen liegen aus jeder Lerneinheit der Interventionsstudie Audio- oder Videodaten vor. So werden sie sowohl beim Bearbeiten der Aufgaben als auch beim Experimentieren – entweder in Form von Audioaufnahme oder Videoaufnahme – aufgenommen. Von diesen Prozessdaten werden Transkripte erstellt. Ein Grund für das Erstellen der Transkripte ist der Datenschutz. Aber auch das schnellere Bearbeiten im Text sowie das schnellere Auffinden beziehungsweise Durchsuchen von Informationen, ohne im Video/Audio spulen zu müssen, sind Vorteile beim Arbeiten mit Transkripten. Für die Analyse der Prozessdaten wurde ein Kategoriensystem entwickelt, welches sich sowohl aus induktiven als auch aus deduktiven Kategorien zusammensetzt. Das Kategoriensystem setzt sich aus den drei Bereichen Analogieart, Analogiebereich und Beziehung zwischen Analogie und Transfer zusammen. Die deduktiven Kategorien beziehen sich dabei auf Curtis & Reigeluth (1984) und Holyoak (2005), die bereits im theoretischen Hintergrund vorgestellt wurden, sowie auf die irreführenden Analogien von Kehne (2019). In der Kategorie Analogiebereich finden sich lediglich induktive Unterkategorien wieder.

Zuerst wurde eine Prozessanalyse der Pilotstudie (N=9) durchgeführt, da diese erste Hinweise auf die gebildeten Analogiearten liefert. Des Weiteren konnte durch die Pilotierung das Kategoriensystem überarbeitet werden.

Ausblick

Einblicke in die Pilotstudie zeigen, dass es in allen Interventionsgruppen zur Bildung von Analogien kommt. So ist ebenfalls erkennbar, dass häufig Alltagsanalogien gebildet werden. Nach Bestimmung der Intercoderreliabilität, dem Anpassen des Kategoriensystems sowie der Fertigstellung der Transkripte, wird die Interventionsphase der Hauptstudie analysiert. Die Codierung wird mittels MAXQDA durchgeführt. Nach Beendigung der Prozessanalyse wird basierend auf den Ergebnissen eine anknüpfende Studie geplant. Der Fokus dabei liegt auf der gezielten Förderung von Analogiebildung in kontextorientierten Lernumgebungen. Eine zentrale Rolle sollen dabei vor allem die tiefergehenden Analogien einnehmen.

Literatur

Billing, D. (2007). Teaching for transfer of core/key skills in higher education: Cognitive skills. *Higher Education, 53* (4), 483-516.

Curtis, R. V. & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science, 13* (2), 99–117.

Dori, Y.J. & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I. Establishing the model and its relation to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice, 14* (4), 363-375.

Detterman, D.K. (1993). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Hrsg.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (S.1-24). New Jersey: Ablex Publishing.

Engle, L.K., Holyoak, K.J. & Stigler, J.W. (2002). The role of analogy in teaching middleschool mathematics. In W.D. Gray & C.D. Schunn, (Hrsg.), *Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 286-291). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Gentner, D. & Smith, L. (2012). Analogical Reasoning. *Encyclopedia of Human Behavior, Second Edition*, (1), 130-136.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. & Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education, 33* (6), 817-837.

Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & J. E. Morrison (Eds.), *The cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 117-142). Cambridge: Cambridge University Press.

Holyoak, K.J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition, 15* (4), 332-440.

Kehne, F. (2019). *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie*. Logos.

Keri, Z. & Elbatarny, H.S. (2021). The power of analogy-based learning in science. *Journal of the Human Anatomy and Physiology Society, 25* (1), 13-20.

Mason, L. & Tornatora, M.C. (2016). Analogical encoding with and without instructions for case comparison of scientific phenomena. *Educational Psychology, 36* (2), 391-412.

Newton, D.T. & Newton L.D. (1995). Using analogy to help young children to understand. *Educational Studies, 21* (3), 379-393.

Perkins, D.N. & Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound. *Educational Researcher, 18* (1), 16-25.

Singley, M. K. & Anderson, J. R. (1989). *Transfer of cognitive skill*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Sumfleth, E. & Kleine, E. (1999). Analogien im Chemieunterricht - eine Fallstudie am Beispiel des "Balls der einsamen Herzen“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5* (3), 39-56.

Patricia Kühne[1]
Sascha Schanze[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Productive-Failure zur Förderung des Konzeptverständnisses

Ausgangslage und Zielsetzung

In den letzten Jahren haben Productive-Failure-Settings aufgrund ihres positiven Einflusses auf das konzeptionelle Verständniss (Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Rummel, 2017) zunehmend Aufmerksamkeit erhalten. Diese Lernansätze beinhalten eine anfängliche Problemlösesaufgabe und enden mit einer Instruktionsphase (problem-solving-prior-to-instruction: PS-I, Kapur & Bielaczyc, 2012). Sie kehren damit die Logik klassischer Lernansätze um (instruction-prior-to-problem-solving: I-PS, Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Zentral für diesen Lernansatz ist, dass die Lernenden vorinstruktional mit einer Problemlösesaufgabe konfrontiert werden, für die sie noch kein tragfähiges wissenschaftliches Konzept besitzen (Kapur, 2010; Kapur & Bielaczyc, 2012). Die Lernenden bleiben unsicher über die Tragfähigkeit ihrer eigenen Lösungsansätze. Diese als Scheitern (aus *failure* übersetzt) bezeichnete erlebte Unsicherheit (Hundertmark, 2021), ist nicht wortwörtlich als empfundenes Scheitern zu verstehen. In der Problemlösephase erstellen die Lernenden Darstellungs- und Lösungsansätze und erkunden ihre Grenzen und Möglichkeiten zu neuartigen Konstruktionsproblemen. Hierbei aktivieren und differenzieren die Lernenden ihr Vorwissen, was sie besser auf die Instruktionsphase vorbereitet, um endscheidende konzeptionelle Merkmale der angestrebten fachwissenschaftlichen Konzepte zu beachten und zu lernen (Kapur, 2010; Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Leuders, 2019). In der anschließenden Instruktionsphase werden die notwendigen Konzepte zur Lösung der Problemlöseaufgabe vermittelt, wobei die Vorstellungen und Lösungsskizzen der Lernenden einbezogen und mit den wissenschaftlich anerkannten Konzepten verglichen werden. Das Aufgreifen der schülergenerierten Lösungsansätze fördert das Bewusstsein der Lernenden für die Grenzen ihres bisherigen Wissens und die Anerkennung der wissenschaftlichen Konzepte (Kapur, 2010; Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Leuders, 2019). Außerdem hilft dies den Lernenden das notwendige und ihnen fehlende Konzeptwissen mit dem eigenen Vorwissen zu verknüpfen und somit Wissenslücken zu schließen (Hundertmark, 2021). Die Produktivität des Ansatzes wird damit durch drei zentrale Wirkmechanismen erklärt: Aktivierung des Vorwissens, Bewusstsein für Wissenslücken und Identifizierung von Tiefenstrukturen des Zielkonzepts (Loibl et al., 2017).

Kern der bisherigen PF-Forschung ist es, den Lernzuwachs durch den Vergleich PS-I und I-PS nachzuweisen (z.B. Kapur, 2010, 2014; Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Rummel, 2014a/b). Allerdings lässt sich durch diesen Vergleich nur schwer nachweisen, welche spezifischen Bestandteile bzw. Aktivitäten der Problemlösephase mit den angenommenen Wirkmechanismen und somit der Effektivität des PF-Ansatzes einhergehen. So gibt es z.B. noch kein differenziertes Bild über die Wirkmechanismen beim Vergleich kollaborativ vs. individuelles Problemlösen in einer PS-I-Situation. Die Studie, die diesem Bericht zugrunde liegt, untersucht den Einfluss des Vorwissens auf die Konzeptentwicklung während der kollaborativen im Vergleich zur individuellen Problemlösephase.

Forschungsfragen

FF1: Inwiefern leistet die Problemlösephase eine Aktivierung des Vorwissens?

FF2: Inwiefern wirkt sich das Vorwissen auf die individuelle Konzeptentwicklung aus?
FF3: Inwiefern sind in FF1 und FF2 Unterschiede in kollaborativen versus individuellen Problemlösephasen zu verzeichnen?

Bisheriges Vorgehen

Der Ausgangspunkt für diese Studie ist die Generierung eines chemiespezifischen Beispiels für den Productive-Failure-Ansatz. Theoriegeleitet wurde eine PS-I-Lernumgebung zum Thema Mischbarkeit (*Was passiert mit dem Salz und dem Öl im Nudelwasser*) entwickelt. In einer anschließenden ersten Evaluation durch zwei ExpertInnen aus der PS-I-Forschung konnten in einem offenen Interview Ergebnisse zur Weiterentwicklung der PS-I-Lernumgebung mit Schwerpunkt auf die PS-Phase ermittelt werden. Dabei bestand die größte Herausforderung in der Gestaltung einer authentischen Problemlösephase, die Erkundungen von Ideen ermöglicht, dabei (alternative) Konzepte aktiviert und genügend Informationen liefert, um Erklärungen die auf alternativen Konzepten basieren zu überprüfen und bestenfalls zu widerlegen.

Inhalt

Der inhaltliche Schwerpunkt liegt auf der Erweiterung des Konzeptes Wechselwirkungen von Teilchen im Kontext der Mischbarkeit (Jhg. 5-7). Vorausgesetzt wird hierfür das basale Teilchenmodell zur Erklärung der Aggregatzustände eines Stoffes unter Einbezug der Annahme von Anziehungskräften zwischen Teilchen, wie es auch in Lehrbüchern gelehrt wird (Arnold et al., 2017; Asselborn et al., 2020; Bresler, 2007; Kraft & Ratermann, 2015): *Zwischen den Teilchen einer Sorte herrschen die Anziehungskräfte, was den Zusammenhalt der Teilchen ermöglicht*. Zunächst erkennen die Lernenden, dass für das Mischen (z.B. Salz und Wasser) und die Nicht-Mischbarkeit zweier Reinstoffe (z.B. Wasser und Öl) Stoffeigenschaften nicht herangezogen werden können. Das Teilchenmodell ist nun derart anzuwenden, dass Aussagen über das Verhalten von Teilchen *verschiedener* Sorten zueinander getroffen werden kann.

Umsetzung Problemlösephase

Ein kennzeichnendes Merkmal der Chemie ist, dass die Antwortfindung für Phänomene durch eine praktische Erprobung erfolgen kann. Folglich ist es das Ziel, dass die Lernenden in der Problemlösephase experimentell arbeiten. Die Lernenden werden aufgefordert, Annahmen über das unterschiedliche Verhalten von Stoffen in Wasser zu treffen. Dabei stehen den Lernenden verschiedene Stoffe zur Verfügung, die sie auf ihre Mischbarkeit mit Wasser testen können. Hier bekommen die Lernenden die Möglichkeit durch viele kleine Experimente, bei denen eine Variable verändert werden kann, ihre Ideen zu erkunden und verschiedene Lösungsansätze zu vergleichen. Den Lernenden werden Steckbriefe von Stoffen bereitgestellt. Diese Stoffeigenschaften ermöglichen es den Lernenden ein begründetes Ausschließen alternativer Konzepte als Erklärung für (Nicht-)Mischbarkeit herzuleiten.

Umsetzung Instruktionsphase

In der Instruktionsphase werden die ermittelten theoriebasierten Lernendenvorstellungen (Grüß-Niehaus & Schanze, 2011) zur Mischbarkeit (unterschiedliche Dichte, Änderung des Aggregatzustandes, Verschwinden von Teilchen) aufgegriffen und mit dem wissenschaftlich anerkennten Konzept verglichen und widerlegt. Die Instruktionsphase weist eine kombinierte

Nutzung von Aufgaben, Erklärvideos und Texten auf. Dabei werden die Lernenden durch die digitale Lerneinheit wie folgt geführt:

- Optionale Wiederholung folgender Begriffe: Reinstoffe, heterogene/homogene Reinstoffe
- Aufgreifen von Lernendenvorstellungen zur (Nicht-)Mischbarkeit durch alltagsnahe Beispiele (Video)
- Vergleich der eigenen Lösungsansätze mit den Vorstellungen aus dem Video (Aufgabe)
- Erklärung des wissenschaftlich anerkannten Konzepts (Video)
- Transferaufgabe (Salatdressing)

Studiendesign

Die Studie folgt dem quasi-experimentellen Design einer Interventionsstudie (s. Abb. 1). In einer Doppelstunde (90 Minuten) bearbeiten die Lernenden die Problemlöseaufgabe (40 Minuten) mit der anschließenden Instruktion (45 Minuten). In der Problemlösephase erfolgt eine zufällige Zuordnung der Lernenden in kollaboratives (Dreiergruppen) und individuelles Problemlösen. Dabei werden Audio- und Videoaufnahmen während der Arbeits- und Experimentierphase erhoben, um Rückschlüsse auf die Rolle des Vorwissens der Lernenden und die diskutierten Lösungsansätze zu erhalten. Damit dies auch bei dem individuellen Problemlösen nachvollzogen werden kann, bearbeiten die Lernenden die Problemlösung mithilfe des *Lauten Denkens*. Die anschließende Instruktionsphase erfolgt in Einzelarbeit. Alle Gruppen und Einzelpersonen erhielten dieselbe Problemlöseaufgabe und Instruktionsphase.

Um die Effektivität des PS-I-Ansatzes zu beurteilen und die Prozessdaten bzw. die Rolle des Vorwissens und die individuelle Konzepterweiterung in der Problemlösephase auswerten zu können, wurde das Konzeptverständnis per Vor- und Nachtest in Form eines Concept Cartoons erhoben (jeweils 15 Minuten in der Unterrichtsstunde vor bzw. nach der PS-I-Erhebung). Hier überlegen die Lernenden, wie sich das Phänomen von Crushed Ice in Wasser erklären lässt. Dabei sehen die Lernenden ein Foto von Crushed Ice in Wasser und vier typische Lernendenvorstellungen für den Themenbereich der Mischbarkeit. Zu jeder dieser vier Aussagen nehmen die Lernenden begründet Stellung.

Abb.1: Design der Studie.

Aktueller Stand und Ausblick

Das Studiendesign wurde an einem niedersächsischen Gymnasium (Jhg. 7) erprobt. Aufgrund der geringen Kenntnisse der Lernenden mit digitalen Endgeräten wurde die Erprobung der Studie analog durchgeführt, was allerdings zu einem erheblichen Zeit- und Betreuungsaufwand führte. Aus dieser Erfahrung bleibt das Projekt für weitere Studien bei der ursprünglichen Planung, die Lernenden über ein Tablet durch die Studie zu begleiten.

Derzeit erfolgt die Analyse der Prozessdaten und Lernendenvorstellungen der Problemlösephase. Bisher zeigt sich, dass die Problemlösephase das Vorwissen der Lernenden aktiviert. Wie intendiert kommen die Lernenden mit unterschiedlichem Vorwissen in die Problemlösephase und diskutieren auf dieser Basis in ihren Gruppen verschiedene Lösungsansätze. Auch kann insgesamt schon gesagt werden, dass die Auswertung der Pre- und Post-Tests eine Konzeptentwicklung der Lernenden aufzeigt, was die Effektivität des PS-I-Ansatzes (Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl et al., 2017) bestätigen würde.

Literatur

Asselborn, W.; Jäckel, M.; Dr. Risch, K. T. & Dr. Sieve, B. (2020). *Chemie heute – Sekundabereich 1 Gesamtband* (Druck A). Westermann Gruppe, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH: Braunschweig.

Bresler, S (2007). *Physik/Chemie interaktiv* (Ausgabe N). Cornelsen Verlag GmbH: Berlin.

Grüß-Niehaus, T. & Schanze, S. (2011). Eine kategoriegestützte Übersicht von Lernervorstellungen zum Löslichkeitsbegriff. *CHEMKON*, *18* (1), S. 19–26.

Hundertmark, S. (2021). Productive Failure beim Chemielernen. Eine Studie zum Einfluss von Problemlösen vor der Instruktion auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses. In: S. Habig (Eds.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 41, pp. 525-528.

Kapur, M. (2014). Productive failure in learning math. *Cognitive Science*, 38(5), 1008-1022.

Kapur, M. & Bielaczyc, K. (2012). Designing for productive failure. *The Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 45-83.

Kapur, M. (2010). Productive failure in mathematical problem solving. *Instructional Science*, 38, 523–550.

Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry- based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.

Kraft, L. & Ratermann, M. (2015). *NEO Chemie Gesamtband S1*. Westermann Gruppe, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH: Braunschweig.

Loibl, K.; Tillema, M.; Rummel, N. & van Gog, T. (2020). The effect of contrasting cases during problem solving prior to and after instruction. *Instructional Science*, 48, 115-136.

Loibl, K., & Leuders, T. (2019). How to make failure productive: Fostering learning from errors through elaboration prompts. *Learning and Instruction*, 62, 1–10.

Loibl, K. & Leuders, T. (2018). Errors During Exploration and Consolidation—The Effectiveness of Productive Failure as Sequentially Guided Discovery Learning. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 39 (1), 69-96.

Loibl, K. & Rummel, N. (2017). Knowing what you don't know makes failure productive. *Learning and Instruction*, 34, 75-85.

Loibl, K., Roll, I. & Rummel, N. (2017). Towards a theory of when and how problem solving followed by instruction supports learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 693-715.

Loibl, K. & Rummel, N. (2014a). Knowing what you don’t know makes failure productive. *Learning and Instruction*, 34, 74–85.

Loibl, K. & Rummel, N. (2014b). The impact of guidance during problem solving prior to instruction on students’ inventions and learning outcomes. *Instructional Science. Instructional Science*, 42 (3), 305–326

Patrick Schuck[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Struktur für schwach strukturierte Socio-Scientific-Issues

Warum brauchen Socio-Scientific-Issues eine Struktur?
Physikunterricht soll die gesellschaftliche Partizipation der Bürger*innen in einer zunehmend von Technik und Naturwissenschaften bestimmten Welt ermöglichen (Bleichroth et al., 1991). Dafür sind die Förderung der Bewertungskompetenz von Schüler*innen für gesellschaftlich und naturwissenschaftlich aufgeladene Probleme, sogenannte Socio-Scientific-Issues (SSIs), zentral (Sadler, 2004). Greifen Schüler*innen bei einer Bewertung von SSIs auf Fachwissen zurück, so erhöht das die Qualität der Bewertung für das SSI (Sadler & Zeidler, 2005).

Ein Blick in die Forschungsliteratur dazu, wie Schüler*innen ihr Fachwissen in Bewertungssituationen nutzen, zeigt allerdings ein eindeutiges Bild: Schüler*innen nutzen ihr Fachwissen in Situationen der Bewertung von SSIs nicht (z.B. Bell & Lederman, 2003 oder Menthe, 2012). Dieser Umstand wirkt sich negative auf die Qualität von Bewertungen und damit auch auf die Partizipation der Schüler*innen an einem SSI aus. Zeidler et al. (2005) betonen, dass Lernangebote eine für die Schüler*innen angemessene didaktische Struktur aufweisen müssen, damit sie das Fachwissen als relevant für eine Bewertung erachten. Diesen Forderungen schließen sich zwei bislang unbeantwortete Fragen an:
- Wie kann eine Struktur für SSIs gefunden werden?
- Wie können die für das Verstehen eines SSIs elementaren Wissensbausteine bestimmt werden?

Welche zentralen Eigenschaften zeichnen SSIs aus?
Um in SSIs eine Struktur zu finden, müssen zentrale Eigenschaften von SSIs geklärt sein. In der Literatur werden SSIs als komplexe und gesellschaftlich bedeutsame Problemstellungen definiert, deren Lösung auf (natur-)wissenschaftliches Wissen und Können angewiesen ist. Dabei sind sowohl die Problemstellungen als auch ihre potenziellen Lösungen durch soziale, ethische, politische und gesellschaftlich-kulturelle Implikationen bestimmt (Zeidler et al., 2006). Neben diesen Eigenschaften betont Jho (2015) die besondere Rolle von Unsicherheiten und Risiken in SSIs.

Fachwissen von Lai*innen und Expert*innen im Kontext eines SSIs
Vergleicht man das Fachwissen von Lai*innen mit dem von Expert*innen, so zeigt sich, dass das Fachwissen von Expert*innen stärker vernetzt und strukturiert ist als das von Lai*innen (Gobbo & Chi, 1986). Zudem nutzen Expert*innen bei Bewertungen von SSIs mehr Fachwissen als Lai*innen und gelangen somit zu besseren Bewertungen (Sadler & Fowler, 2006). Es erscheint daher plausibel anzunehmen, dass ein stark vernetztes Fachwissen zu besseren Bewertungen beitragen kann. Unabhängig von diesem Schluss kamen Zeidler et al. (2005) und Osborne et al. (2022) zu dem Schluss, dass Fachwissen für SSIs nicht zu stark vom sozialen und politischen Kontext getrennt werden sollte. Um Schüler*innen dazu zu befähigen, ihr Fachwissen in einer Bewertungssituation für ein SSI zu nutzen, muss das Fachwissen also mit Wissen aus und über den Kontext vernetzt sein.

Ein Modell für die Strukturierung von Socio-Scientific-Issues

Im Rahmen dieses Beitrags soll ein SSI-Struktur-Modell vorgestellt werden, das eine mögliche Antwort auf die oben gestellten Fragen liefert. Eine schematische Darstellung dieses Modells ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Modell ergibt sich als eine Kondensation zentraler

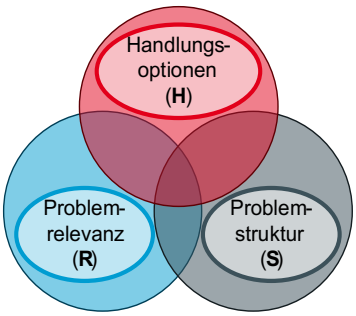


Abb. 1: Schematische Darstellung der drei Dimensionen des SSI-Strukturmodells

Eigenschaften und Motive aus der Literatur zu und über SSIs. Mit diesem Modell erhalten die SSIs eine Struktur, indem entlang von drei Dimensionen elementare Wissenselemente rekonstruiert werden. Die Auswahl und die Gestalt der Wissenselemente wird von naturwissenschaftlichen, sozialen, ethischen, politischen und gesellschaftlich-kulturellen Aspekten beeinflusst und sie enthalten das für das SSI relevante (natur-)wissenschaftliche Fachwissen. Im Folgenden werden die drei Dimensionen vorgestellt mit einer kurzen Darstellung der Kriterien, nach denen Wissenselemente der entsprechenden Dimension zugeordnet werden, und einer die Dimension charakterisierenden Frage.

- **Problemrelevanz (R):** Diese Dimension motiviert die Auseinandersetzung mit dem Problem. Zentral dabei sind die Risiken und Gefahren, die mit dem Problem verbunden sind, und die bei bspw. einem Nicht-Handeln eintreten. Entsprechend fasst diese Dimension all jene Wissensbausteine zusammen, die benötigt werden, um die mit dem Problem verbundenen Risiken und Gefahren und einen möglichen Handlungsdruck zu verstehen, der aus einem Risiko/einer Gefahr oder der Kombination mehrerer Risiken und Gefahren erwächst. Eine charakterisierende Frage dieser Dimension ist: „Ist es relevant, drängend oder bedeutsam, sich mit dem SSI zu beschäftigen, und wenn ja, warum?“
- **Problemstruktur (S):** Diese Dimension beinhaltet all jene Wissenselemente, die den Kern des Problems verständlich machen. Hier können Modelle von realen Situationen zugeordnet werden. Zudem spielt die Unsicherheit als zentrale Eigenschaft von SSIs in dieser Dimension auch eine Rolle. Sofern die Strukturen des Problems verstanden sind, können sie den Rahmen dafür geben, um einzuschätzen, welche Handlungsoptionen wie sinnvoll genutzt werden können. Eine charakterisierende Frage für diese Dimension ist: „Welche Struktur (Stabilität, Widersprüchlichkeit, Unsicherheit, Konflikte etc.) kennzeichnet das SSI und was ist sein Kernproblem?“
- **Handlungsoptionen (H):** Diese Dimension bildet die möglichen Handlungsoptionen im Kontext des SSIs und die Bewertung der verschiedenen Optionen ab. Dabei werden Handlungsoptionen auf individueller und gesellschaftlicher Ebene berücksichtigt. Dem entsprechend enthält diese Dimension Wissenselemente, die Handlungsoptionen mit ihren naturwissenschaftlichen und sozialen (Aus-)Wirkungen auf die Risiken verständlich

machen, oder die die Normen der Bewertung vor dem Hintergrund der Risiken verständlich machen. Es werden ethische und moralische Aspekte berücksichtigt. Eine charakterisierende Frage für diese Dimension ist: „Welche Handlungsoptionen bestehen zur Lösung des Problems, was kennzeichnet sie und wie gut eignen sie sich zur Problemlösung?“

Die drei Dimensionen sind dabei nicht als orthogonal zu verstehen, sondern können gleiche Wissenselemente adressieren. Die Wissenselemente, die mehreren Dimensionen zugeordnet werden, erfüllen je Dimension unterschiedliche Funktionen. Wie dieses Modell angewendet werden kann, wird in der Abbildung 2 am Kontext der Energiewende beispielhaft dargestellt. Die einzelnen Kästen stellen die Wissenselemente dar, die den verschiedenen Dimensionen zugeordnet sind. Das Element „Eigenschaften von Kraftwerken“ ist zum Beispiel der Problemrelevanz und der Problemstruktur zugeordnet, weil das Wissen über Eigenschaften verschiedener Kraftwerke sowohl für das Verstehen der Problemrelevanz (CO_2-Ausstoß) als auch für die Problemstruktur (Wetterabhängigkeit von Kraftwerken auf Basis regenerativer Energie) benötigt wird.

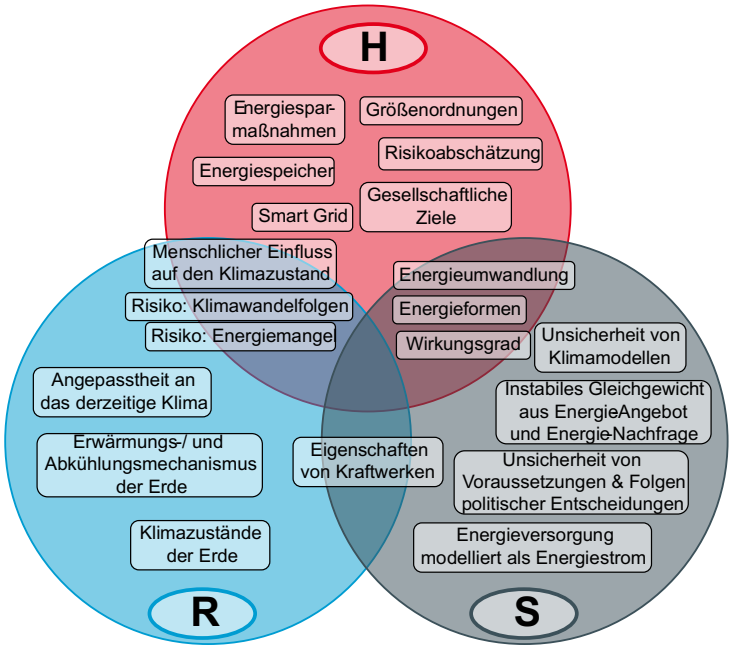


Abb.2: Anwendung des SSI-Struktur-Modells auf den Kontext der Energiewende

Ausblick

In Forschungsvorhaben soll der Nutzen des Modells empirisch untersucht werden. Hierzu wird auf Grundlage der Strukturierung eines SSIs und der entlang der drei Dimensionen identifizierten Wissenselemente ein Unterricht über ein SSI konzipiert. Dieser Unterricht wird dahingehend untersucht, ob er positiv auf den Vernetzungsgrad von Fachwissen der Schüler*innen und ihre Bereitschaften und Fähigkeiten zur Fachwissensnutzung im Kontext eines SSI wirkt.

Literatur

Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352–377.

Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Merzyn, G., & Weltner, K. (Hrsg.). (1991). *Fachdidaktik Physik*. Aulis Verlag Deubner.

Gobbo, C., & Chi, M. (1986). How knowledge is structured and used by expert and novice children. *Cognitive Development*, 1(3), 221–237.

Jho, H. (2015). A Literature Review of Studies on Decision-making in Socio-scientific Issues. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 35(5), 791–804.

Menthe, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change: Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1(1), 161–183.

Osborne, J., Pimentel, D., Alberts, B., Allchin, D., Brazilai, S., Bergstrom, C., Coffey, J., Donovan, B., Kivinen, K., Kozyreva, A., & Wineburg, S. (2022). *Science Education in an Age of Misinformation*. Stanford University.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.

Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986–1004.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71–93.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89(3), 357–377.

Anna Liskes[1]
Helena van Vorst[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Interessens- und leistungsbasierte Binnendifferenzierung im Chemieunterricht

Sowohl internationale als auch nationale Forschungsergebnisse weisen auf eine zunehmende Streuung im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenzen hin. Auch das Interesse der Lernenden an den Naturwissenschaften scheint immer weiter zu sinken (z. B. OECD, 2016). Weiterhin haben Studien herausgestellt, dass nicht alle Lernenden von den gleichen Zielen, Aufgaben, Materialen und Methoden im Schulunterricht profitieren (Bohl et al., 2012).
Eine Möglichkeit mit der vorhandenen Heterogenität im Chemieunterricht umzugehen, ist das didaktische Instrument der Binnendifferenzierung. Dabei werden Lernende nach definierten Kriterien, wie zum Beispiel nach der Leistung, in Teilgruppen eingeteilt. Anschließend kann diesen Teilgruppen ein angepasstes Lernangebot bereitgestellt werden (Bönsch, 2004). Die bisherige Forschung liefert jedoch ein uneindeutiges Bild hinsichtlich der Wirksamkeit von binnendifferenzierten Ansätzen (z. B. Letzel, 2021). Einige Studien weisen auf (geringe) positive Effekte hinsichtlich der kognitiven und affektiven Lernergebnisse und des Lernzuwachses hin (z. B. Brühwiler & Vogt, 2020), in anderen Untersuchungen zeigen sich keine eindeutigen Effekte (u. a. Anus, 2015; Hauerstein, 2019).
Wird die Umsetzung von Binnendifferenzierung im Unterricht betrachtet, zeigen sich viele unterschiedliche Umsetzungsmethoden und -strategien. So kann beispielsweise nach Leistung, Vorwissen, Motivation oder auch Interesse differenziert werden. In der gegenwärtigen Schulpraxis finden sich insbesondere Formen der Binnendifferenzierung basierend auf der Leistungsfähigkeit der Lernenden (Tomlinson et al., 2003). Dabei wird sich z. B. dem Verfahren des Scaffoldings bedient. Dieses kann als „Lerngerüst“ bezeichnet werden, das es Lernenden ermöglicht, ein Problem zu lösen, Aufgaben zu bearbeiten und Ziele zu erreichen, die sie ohne Unterstützung nicht erreichen könnten (Wood et al., 1976). Weiterhin besteht die Möglichkeit, diese angebotene Unterstützung adaptiv (angepasst) und kontingent (Anpassungsvermögen) zu gestalten, so dass sie mit fortschreitendem Unterricht weniger werden kann (van de Pol et al., 2010). Unter anderem verweist eine Metaanalyse aus dem Bereich der MINT-Bildung mit N= 144 Studien auf signifikant positive Effekte auf kognitive Lernendenmerkmale durch den Einsatz von Scaffolding (Belland et al., 2017). Kaum betrachtet werden jedoch Einflüsse von Scaffolding auf affektive Merkmale von Lernenden. Allerdings zeigen erste Ergebnisse, dass Strategien des Scaffoldings positiver wahrgenommen werden, wenn die Motivation der Lernenden hoch ist (Acosta-Gonzaga & Ramirez-Arellano, 2022).
Um Scaffolding im Unterricht produktiv umsetzen zu können, gibt Gibbons (2005) einen Dreischritt an. Dafür sollte zuerst das Vorwissen der Lernenden identifiziert werden. Anschließend kann eine niveauadaptive Unterstützung erfolgen. Wenn ein Entwicklungsschritt erreicht wurde, besteht die erneute Möglichkeit der Differenzierung. Diese Unterstützungsmöglichkeiten können beispielsweise in Form von abgestuften Aufgaben und Materialien bereitgestellt werden und so in ihrer Komplexität, dem Schwierigkeitsgrad oder dem Zielprodukt differenzieren. Es gibt viele weitere Strategien zur Umsetzung, wie das gezielte Zusammensetzen von homogenen Arbeitsgruppen oder auch das Öffnen des

Unterrichts. Besonders bei der Kombination mehrerer solcher Ansätze zeigen sich mittlere bis starke Effekte auf die Leistung der Lernenden (Pozas & Schneider, 2019).
Ein weiterer Ansatz zur unterrichtlichen Umsetzung von Binnendifferenzierung basiert auf der Berücksichtigung des Interesses der Lernenden, indem unterschiedliche Kontexte angeboten werden. Dabei wird fachliches Wissen mit den Anwendungen der Naturwissenschaften in außerfachlichen Situationen verknüpft. Dieser Ansatz hat zum Ziel, das Interesse der Lernenden an den Naturwissenschaften durch eine relevantere Gestaltung von Unterrichtsinhalten und die Verknüpfung zur Lebenswelt der Lernenden zu steigern. Hier zeigen sich positive Einflüsse hinsichtlich der affektiven Lernendenmerkmale, jedoch keine eindeutigen Effekte auf die kognitiven Merkmale (Bennett et al., 2016; Ültay & Calik, 2016). Weiterhin zeigt die aktuelle Forschungslage, dass verschiedene Kontexte für unterschiedliche Lernende geeignet sind (Habig et al., 2018). Um Kontexte systematisch beschreiben zu können, schlagen van Vorst et al. (2015) ein Modell der Kontextmerkmale vor. Dazugehörige empirische Untersuchungen zeigen, dass Lernende mit niedrigem Interesse und niedriger Leistung im Fach Chemie auf Grund der persönlichen Relevanz besonders häufig alltägliche Kontexte wählen (van Vorst & Aydogmus, 2021). Besondere Kontexte werden meist von Lernenden mit hohem Interesse und mittlerer Leistung gewählt. Sie geben das Wahlmotiv der überraschenden Information an. Lernende mit sehr hohem Interesse und hoher Leistung im Fach Chemie wählen dem gegenüber lieber innerfachliche Kontexte (Güth & van Vorst, 2023).

Fragestellung und Hypothesen

Der aktuelle Forschungsstand zeigt noch große Forschungslücken zu den Effekten einer leistungs- und interessensbasierten Binnendifferenzierung sowie zur Kombination dieser Ansätze, insbesondere mit dem Blick auf das Fach Chemie. Aus diesem Grund fokussiert dieses Forschungsvorhaben folgende Forschungsfrage:

Inwiefern werden die affektiven und kognitiven Faktoren von Lernenden im Chemieunterricht beim Einsatz von…

a) interessensbasierter Binnendifferenzierung,
b) leistungsbasierter Binnendifferenzierung,
c) interessensbasierter und leistungsbasierter Binnendifferenzierung in Kombination

…beeinflusst?

Aus der bereits vorhandenen Literatur lassen sich die folgenden Hypothesen formulieren:

(1) Leistungsbasierte Binnendifferenzierung durch Scaffolding wirkt sich positiv auf kognitive Faktoren der Lernenden aus.
(2) Interessenbasierte Binnendifferenzierung durch kontextbasiertes Lernen wirkt sich positiv auf affektive Faktoren der Lernenden aus.
(3) Die Kombination aus der leistungs- und interessensbasierter Binnendifferenzierung beeinflusst sowohl die kognitiven als auch die affektiven Faktoren der Lernenden positiv.

Studiendesign und Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird in einem ersten Schritt in Zusammenarbeit mit einer SINUS-Gruppe der QUA-LIS NRW eine digitalisierte Lerneinheit zum Inhaltsfeld 10: Organische Chemie (Sek I; 10. Klasse) (MSB NRW, 2019) entwickelt. Die leistungsbasierte Binnendifferenzierung wird mithilfe unterschiedlicher Scaffoldingangebote realisiert, die interessensbasierte Binnendifferenzierung mittels der Variation zwischen einem alltäglichen,

einem besonderen und einem innerfachlichen Kontext gemäß dem Modell nach van Vorst et al. (2015) umgesetzt.
Diese entstandenen Materialien werden in einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Prä-/Post-Design eingesetzt. Für das Vorhaben ist eine Stichprobe von *N*= 600 Lernenden von Gymnasien aus NRW vorgesehen, die gemäß des in Abbildung 1 dargestellten Designs auf drei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe klassenweise verteilt werden.

Gruppe *LI*: **(+) leistungsbasierte Binnendifferenzierung** **(+) interessensbasierter Binnendifferenzierung**	Gruppe *L*: **(+) leistungsbasierte Binnendifferenzierung** (–) interessensbasierte Binnendifferenzierung
Gruppe *I*: (–) leistungsbasierte Binnendifferenzierung **(+) interessensbasierte Binnendifferenzierung**	Gruppe *KB*: (–) leistungsbasierte Binnendifferenzierung (–) interessensbasierte Binnendifferenzierung

Abbildung 1: 2x2 Design der Interventionsstudie

Lernende der Gruppe *LI* bearbeiten das vollständige Lernmaterial, in welchem sowohl eine leistungsbasierte Binnendifferenzierung durch unterschiedlich angebotene Scaffolds als auch eine interessensbasierte Binnendifferenzierung durch das Angebot verschiedener Kontexte realisiert wird. Das Lernmaterial der Gruppe *L* wird ausschließlich in einen innerfachlichen Kontext eingebettet, sodass nur eine leistungsbasierte Binnendifferenzierung erfolgt. Umgekehrt werden Lernenden der Gruppe *I* zur interessensbasierten Binnendifferenzierung unterschiedliche Kontexte angeboten, jedoch ohne Scaffolding. Lernende der Gruppe *KB* stellen die Kontrollgruppe dar und erhalten Materialien ohne eine Form der Binnendifferenzierung.
In den Prä-/Post-Tests werden sowohl das Vorwissen, das Fachwissen, das Interesse am Fach Chemie, die (geplante) Kurswahl für die Oberstufe und das Selbstkonzept sowie das Engagement erhoben. Während der Intervention werden in mehreren Zwischenschritten das situationale Interesse, die Zufriedenheit mit den Materialien und ein Fachwissenstest erhoben.

Ergebnisse der Pilotierung und Ausblick
In einer Pilotierung wurden die Fragebögen (Prä-/Post; Begleitfragebögen) und die Usability der digitalisierten Lerneinheit für die Interventionsstudie erprobt. An der Pilotierung nahmen *N*= 95 Lernende aus dem vierten Lernjahr des Faches Chemie (10. Klasse) von vier Gymnasien aus NRW teil. *N*= 60 Lernende wurden bei der Bearbeitung der Fragebögen und des Lernmaterials gefilmt, um mögliche Schwierigkeiten und Verbesserungen zu erkennen.
Die Güte des Vorwissenstests wurde mit Hilfe eines eindimensionalen Rasch-Modells überprüft ($0.91 \leq wMNSQ \leq 1.17$; $-1.39 \leq t \leq 1.21$; WLE-Reliability = .96). Die Qualität der affektiven Testinstrumente (Interesse am Fach Chemie; Selbstkonzept) wurde durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit anschließender Reliabilitätsanalyse überprüft ($.88 \leq \alpha \leq .93$). Die Begleitfragebögen zeigen in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse zufriedenstellende Reliabilitäten (situationales Interesse $\alpha = .64$; Zufriedenheit mit der Aufgabe $\alpha = .87$, Usability zeigt mit $\alpha = .84$).

Nach erfolgter Untersuchung der Wirkweise unterschiedlicher Angebote der Binnendifferenzierung in der vorgestellten Studie, wird das entstandene Lernmaterial vollständig über die Homepage der QUA-LIS NRW frei zur Verfügung gestellt.

Literatur

Acosta-Gonzaga, E. & Ramirez-Arellano, A. (2022). Scaffolding Matters? Investigating Its Role in Motivation, Engagement and Learning Achievements in Higher Education. *Sustainability*, *14*(20), 1–17. https://EconPapers.repec.org/RePEc:gam:jsusta:v:14:y:2022:i:20:p:13419-:d:945917

Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht: Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*. Logos.

Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J. & Lefler, M. (2017). Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *87*(2), 309–344. https://doi.org/10.3102/0034654316670999

Bennett, D., Power, A., Thomson, C., Mason, B. & Bartleet, B.-L. (2016). Reflection for learning, learning for reflection: Developing Indigenous competencies in higher education. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, *13*(2), 99–118. https://doi.org/10.53761/1.13.2.7

Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (Hrsg.). (2012). *Theorie und Praxis der Schulpädagogik: Bd. 17. Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Prolog.

Bönsch, M. (2004). *Differenzierung in Schule und Unterricht: Ansprüche, Formen, Strategien* (2. Aufl.). *EGS-Texte*. Oldenbourg.

Brühwiler, C. & Vogt, F. (2020). Adaptive teaching competency. Effects on quality of instruction and learning outcomes. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.25656/01:19121

Güth, F. & van Vorst, H. (2023). Context-based Learning as a Method for Differentiated Instruction in Chemistry Education. In G. S. Carvalho, A. S. Afonso & Z. Anastácio (Hrsg.), *Contributions from Science Education Research. FOSTERING SCIENTIFIC CITIZENSHIP IN AN UNCERTAIN WORLD: Selected papers* (Bd. 13, S. 153–169). SPRINGER INTERNATIONAL PU. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32225-9_10

Habig, S., Blankenburg, J., van Vorst, H., Fechner, S., Parchmann, I. & Sumfleth, E. (2018). Context characteristics and their effects on students' situational interest in chemistry. *International Journal of Science Education*, *40*(10), 1154–1175. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470349

Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work : the contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect; v.20 n.1 p.6-30; April 2005*, *20*(1), 6–30. https://search.informit.org/doi/10.3316/aeipt.143258

Hauerstein, M.-T. (2019). *Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 280*. Logos.

Letzel, V. (2021). *Binnendifferenzierung in der Schulpraxis* [, Trier University]. DataCite.

OECD. (2016). *Bildung auf einen Blick 2016: OECD-Indikatoren*. W. Bertelsmann Verlag. https://doi.org/10.1787/9789264264212-de

Pozas, M. & Schneider, C. (2019). Shedding Light on the Convoluted Terrain of Differentiated Instruction (DI): Proposal of a DI Taxonomy for the Heterogeneous Classroom. *Open Education Studies*, *1*(1), 73–90. https://doi.org/10.1515/edu-2019-0005

Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A. & Reynolds, T. (2003). Differentiating Instruction in Response to Student Readiness, Interest, and Learning Profile in Academically Diverse Classrooms: A Review of Literature. *Journal for the Education of the Gifted*, *27*(2-3), 119–145. https://doi.org/10.1177/016235320302700203

Ültay, N. & Calik, M. (2016). A Comparison of Different Teaching Designs of 'Acids and Bases' Subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(1), 57–86. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1422a

van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher–Student Interaction: A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, *22*(3), 271–296. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6

van Vorst, H. & Aydogmus, H. (2021). One context fits all? – analysing students' context choice and their reasons for choosing a context-based task in chemistry education. *International Journal of Science Education*, *43*(8), 1250–1272. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908640

van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 29–39. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5

Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, *17*(2), 89–100. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x

Elisabeth Dietel[1,2] [1] Friedrich-Schiller-Universität Jena
Timm Wilke[2] [2]Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Situationales Interesse an medizinischen Kontexten im Chemieunterricht: Pilotstudie

Vorbetrachtungen

Aus vielen Studien zum Interessenkonstrukt geht hervor, dass Interesse eine wichtige Bedingung für Lernerfolg und schulische Leistung ist. Es ist hinlänglich bekannt, dass die Entwicklung von (individuellem) Interesse in vier Phasen verläuft, an deren Anfang ausgelöstes situationales Interesse steht, welches sich bei entsprechender Förderung in anhaltendes situationales Interesse wandelt, bis es sich im günstigsten Fall über aufkommendes individuelles Interesse in stabiles individuelles Interesse entwickelt (Hidi & Renninger, 2006). Auch, wenn Lehrkräfte in ihrem Unterricht keinen direkten Einfluss auf die Ausrichtung der individuellen Interessen ihrer Schüler*innen, die häufig das Fach Chemie explizit nicht beinhalten (Dierks, Höffler & Parchmann, 2014), nehmen können, setzt Interessenförderung am Punkt des Auslösens von situationalem Interesse an. Situationales Interesse als psychologischer Zustand einer Person leitet sich hierbei aus der Interessantheit einer Situation oder eines Lerngegenstands ab (Krapp, 1999). Entsprechend gilt es, einen Lerngegenstand so interessant wie möglich für Schüler*innen zu gestalten. Hierfür bietet sich insbesondere die Verwendung von Kontexten an, da Kontexte durch Lebensweltbezug und Vermittlung von Bedeutsamkeit die persönliche Relevanz als wichtigen Faktor der wertbezogenen Valenz von Interesse ansprechen (Habig, 2017). Mit Blick auf Ergebnisse der IPN-Interessensstudie oder der ROSE-Erhebung lässt sich leicht feststellen, dass bei vielen Themengebieten eine grundsätzliche Differenz in der Bewertung der Interessantheit zwischen den Geschlechtern besteht. In den meisten Ergebnissen zeichnet sich jedoch z.B. das große Gebiet „Medizin“ als Element der Schnittmenge der von allen Geschlechtern als interessant eingeschätzten Themen ab (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Sjoberg & Schreiner, 2005). Entsprechend liegt es auf der Hand, medizinische Kontexte für den Chemieunterricht so zu erschließen, dass eine Interessenförderung darüber möglich wird.

Methodisches Vorgehen

Die Erschließung medizinischer Kontexte für den Chemieunterricht wird in den Rahmen der Fachdidaktischen Transferforschung eingebettet. In einem Zusammenspiel aus fachwissenschaftlichen Aspekten wie der inhaltlichen Aufklärung von Schnittstellenthemen zwischen Medizin und Chemie und aus der fachdidaktischen Rekonstruktion ebendieser Schnittstellen liegt der Fokus dabei auf der Konzeption von geeigneten Experimenten, insbesondere aber auf einem Zyklus aus Erprobung, Evaluation und Optimierung mit abschließender Dissemination (Wilke, Dege & Waitz, 2017). Zusätzlich fließen in die Gestaltung aller angedachten Lern- und Fortbildungsmaterialien die Richtlinien des Design-Based Research ein (The Design-Based Research Collective, 2003). Durch die Erfassung affektiver Schüler*innenmerkmalen wird nicht nur das Interesse an den Schnittstellenthemen erhoben, sondern hieraus ergibt sich auch die Möglichkeit zur Folgerung möglicher Adaptionen des Lernmaterials noch vor dem eigentlichen Optimierungszyklus der Fachdidaktischen Transferforschung.

In Zusammenarbeit mit Expert*innen aus Berufsfeldern der Medizin und Chemie wurden Überschneidungen zwischen den beiden Feldern identifiziert. Nach einer Bewertung ausgewählter Themen durch zehn Expert*innen für die Thüringer Lehrplanentwicklung im Fach Chemie wurden die medizinischen Themen auf die Formulierung „Blut, Verletzung und Wundversorgung“ präzisiert, um sowohl den Anbindungsmöglichkeiten an das Curriculum als auch den geschlechterspezifischen Ausprägungen der wahrgenommenen Interessantheit Rechnung zu tragen, da männliche Jugendliche sich häufig affin gegenüber Gefahren und Technik zeigen, während weibliche Jugendliche oft den Aspekt von Pflege und Gesundheit in den Vordergrund stellen (Sjoberg & Schreiner, 2005).

Forschungsfragen

Als Folge wurden Spezifizierungen des Kontexts für die gängigen Doppelklassenstufen vorgenommen, sodass für die Klassen 7/8 „Knochen und Knochenbrüche“ in Verbindung mit Ionensubstanzen, für die Klassen 9/10 „Blutkreislauf und Blutungen“ in Verbindung mit den Oxiden des Kohlenstoffs sowie Säure-Base-Theorien und für die Klassen 11/12 „Wundversorgung und -verschluss“ in Verbindung mit Polymeren thematisiert werden.
Als Forschungsfragen für das hier vorgestellte Pilotierungsprojekt lassen sich formulieren:

- Wie interessant sind die ausdifferenzierten medizinischen Themen für Schüler*innen und welche Rolle spielen dabei individuelle affektive Merkmale?
- Wie bewerten Schüler*innen die ausdifferenzierten medizinischen Kontexte hinsichtlich ihrer Alltäglichkeit bzw. ihres Vertrautheitsgrads?

Fragebogendesign

Es wurde ein dreiteiliger Online-Fragebogen auf der Befragungsplattform SoSci Survey entwickelt. Im ersten Teil des Fragebogens folgt nach der Abfrage soziodemografischer Angaben und chemie- bzw. medizinbezogener Berufswünsche die Erhebung des individuellen Interesses am Fach Chemie sowie des chemiebezogenen Selbstkonzepts. Die Items für den ersten Teil wurden nach dem Vorbild von van Vorst adaptiert und verwenden eine sechsstufige Likert-Skala (van Vorst, 2013). Für den zweiten Teil wurde ein drei- bis vierminütiges Video präsentiert, welches mit passendem Bild- und Animationsmaterial sowie zugehöriger Audiospur den jeweiligen Kontext kurz beschreibt und sowohl medizinische als auch chemische Aspekte davon präsentiert und in einen Zusammenhang einordnet. Im letzten Teil des Fragebogens sollen die Interessantheit des Kontexts sowie das ausgelöste situationale Interesse an einem hypothetischen Lernen mit dem Kontext im Chemieunterricht erhoben werden. Zudem wurden Items zur Wahrnehmung der Alltäglichkeit bzw. Besonderheit der Kontexte eingepflegt. Die Items wurden auf der Grundlage der Arbeiten von van Vorst und Habig weiterentwickelt und neu auf das Forschungsprojekt zugeschnitten (van Vorst, 2013; Habig, 2017). Es wird erneut eine sechsstufige Likert-Skala verwendet.

Pilotierungsergebnisse

Die Pilotierung des Fragebogens wurde insgesamt mit 83 Schüler*innen durchgeführt, davon 19 aus den Klassen 7/8, 24 aus den Klassen 9/10 und 40 aus den Klassen 11/12. Die Ergebnisse wurden mit SPSS ausgewertet. Es wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, in der die folgenden vier Variablen extrahiert werden konnten:

- **iI:** individuelles Interesse am Fach Chemie (12 Items)
- **Sk:** chemiebezogenes Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung (10 Items)
- **IK:** Interessantheit des Kontexts (9 Items)

- **IL:** (situationales) Interesse am hypothetischen Lernen mit dem Kontext im Chemieunterricht (6 Items)

Die emotionalen und wertbezogenen Komponenten des Interesses konnten durch die verwendeten Items nicht weiter aufgetrennt werden. Bis auf die Interessantheit des Kontexts waren die Mittelwerte der Variablen normalverteilt. Erwartungsgemäß korrelierten die Mittelwerte von individuellem Interesse und Selbstkonzept mit einem Wert von 0,617. Auch die Mittelwerte der Interessantheit des Kontexts und des Interesses am Lernen korrelierten, hier mit 0,694. Zudem korrelierten die Items dieser beiden Skalen untereinander sehr stark, was für eine enge Verflechtung der beiden Faktoren spricht. Verschiedene Items aus den Skalen des individuellen Interesses und des Selbstkonzepts wurden ersatzlos ausgeschlossen, da sie eine Ladung auf mehrere Faktoren zeigten und die Reliabilität sowie die Trennschärfe der Skalen durch eine Streichung nicht negativ beeinflusst wurde. Verschiedene Items aus den Skalen zur Interessantheit der Kontexte und zum Interesse am Lernen zeigten ebenfalls uneindeutige Ladungen und wurden deshalb für die Haupterhebung umformuliert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Reliabilitäten der gefundenen Skalen nach der Exklusion uneindeutiger Items.

Tab. 1. Reliabilitätskoeffizienten der gefundenen Skalen.

Variable	**iI**	**Sk**	**IK**	**IL**
Cronbachs α	0,901	0,896	0,877	0,912

Im Folgenden sind in Tabelle 2 die Mittelwerte der Skalen sowie für die wahrgenommene Alltäglichkeit (All) und Besonderheit (Bes) der Kontexte dargestellt. Es zeigen sich Hinweise darauf, dass die gewählten Kontexte für die Klassen 9/10 sowie 11/12 als interessant wahrgenommen werden und dass hier im Vergleich zum individuellen Interesse am Fach Chemie Potenzial zur Interessenförderung durch die Verwendung des Kontexts besteht. Für die Klassen 7/8 ist die Interessantheit des Kontexts im Mittel geringer als das individuelle Interesse am Fach Chemie. Entsprechend wurde dies zum Anlass genommen, das Design des Kontexts und des Videos im Fragebogen abzuändern. Alle Kontexte wurden von den Schüler*innen als eher alltäglich eingeschätzt, sodass hier die Tendenz abgeleitet werden kann, dass sich die gewählten Kontexte für problemorientierte Zugänge eignen (Habig, 2017).

Tab. 2. Mittelwerte der Skalen mit Standardabweichung aufgeschlüsselt nach Klassenstufen.

Kl.	**iI**	**Sk**	**IK**	**IL**	**All**	**Bes**
7/8	**4,24** (0,96)	**4,46** (1,02)	**3,61** (1,12)	**3,03** (1,28)	**4,67** (1,35)	**2,00** (0,93)
9/10	**3,42** (1,18)	**4,17** (1,05)	**4,40** (1,02)	**4,18** (1,19)	**4,82** (1,04)	**2,18** (1,27)
11/12	**3,94** (1,15)	**3,86** (1,00)	**4,52** (0,83)	**4,28** (0,94)	**4,42** (1,27)	**2,17** (1,11)

Ausblick

Die Ergebnisse der Pilotierung sind als erster Hinweis auf das große didaktische Potenzial medizinischer Kontexte zu werten. Die Hauptstudie wird mit einer reduzierten und geschärften Itemauswahl sowie mit überarbeiteten Kontextvideos im Fragebogen mit einer größeren Stichprobe durchgeführt, um Aussagen über die Interessenslage von Schüler*innen bezüglich der gewählten medizinischen Themen treffen und im Fortgang des Forschungsprojekts passende Lernmaterialien designen zu können.

Literatur

Dierks, P. O., Höffler, T. & Parchmann, I. (2014). Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. CHEMKON 21/3, 111–116.

Habig, S. (2017). Systematisch Variierte Kontextaufgaben und Ihr Einfluss Auf Kognitive und Affektive Schülerfaktoren. Logos Verlag Berlin, Berlin.

Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. Educational Psychologist 41/2, 111–127.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessensstudie Physik. Kiel.

Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. Eur J Psychol Educ 14/1, 23–40.

Sjoberg, S. & Schreiner, C. (2005). How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE (the Relevance of Science Education). Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching 6/2.

The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. Educational Researcher 32/1, 5–8.

van Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und Ihr Einfluss Auf das Schülerinteresse Im Fach Chemie. Logos Verlag Berlin, Berlin.

Wilke, T., Dege, J. & Waitz, T. (2017). Experimente zu Eigenschaften von Nanomaterialien in Chemieunterricht und Schülerlabor. Chemkon 24/4, 209–212.

Markus Elsholz[1]
Wolfgang Lutz[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Universität Würzburg

Das physikbezogene Selbstkonzept von Schüler:innen im Flipped Classroom

Das akademische Selbstkonzept von Schüler:innen ist Prädiktor für zukünftige fachspezifische Leistungen und daher eine relevante Variable für den individuellen Lernprozess. Die vorliegende Studie zeigt, dass bei Schüler:innen, die mit vorgegebenen Materialien zur Elektrizitätslehre im Flipped Classroom unterrichtet wurden, ein stärker ausgeprägter Rückgang des physikbezogenen Selbstkonzepts zu verzeichnen ist als bei Schüler:innen einer Kontrollgruppe.

Studiendesign und Datenlage

Diesem Beitrag liegen Daten aus einem Design-Based-Research-Projekt zugrunde, die im Rahmen einer Feldstudie zum Flipped Classroom an bayerischen Gymnasien in der 8. Jgst. erhoben wurden. Kernidee der Methode Flipped Classroom ist die Verlagerung der Wissensvermittlung in die häusliche Vorbereitungsphase der Schüler:innen, sodass die begleitete Lernzeit im Unterricht stärker zur Vertiefung, Übung und Diskussion von Lerninhalten genutzt werden kann (Bergmann & Sams, 2012).

An der Studie nahmen 1200 Schülerinnen und 936 Schüler der achten Jahrgangsstufe teil. Ab der achten Jahrgangsstufe werden die Schüler:innen in Bayern in verschiedenen Zweigen unterrichtet, welche eine inhaltliche Schwerpunktsetzung ermöglichen. Der naturwissenschaftlich-technische Zweig (NTG Zweig) wird im Folgenden den weiteren Zweigen (nicht-NTG Zweige, z.B. sprachlich, wirtschaftlich, musisch) gegenübergestellt. Im NTG Zweig werden Schüler:innen dreistündig in Physik unterrichtet, in den nicht-NTG Zweigen findet der Physikunterricht zweistündig statt.

Für die Studie wurden zwölf Unterrichtseinheiten für den Themenbereich Elektrizitätslehre konzipiert (Lutz et al., 2020, 2022). Die Materialien bauen auf dem Elektronengasmodell (Burde, 2018) auf und umfassen Lernvideos, interaktive Bildschirmexperimente, Übungsaufgaben, interaktive Aufgaben zur Selbstevaluation, Anleitungen für Schülerexperimente und weitere Informationstexte[1].

Die an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte wurden in drei Gruppen eingeteilt. In der Gruppe ‚Flipped' wurden alle zwölf Unterrichtseinheiten konsequent mit den vorgegebenen Materialien in der Methode Flipped Classroom unterrichtet (n=1109 Schüler:innen), in der Gruppe ‚Klassisch' (n=625 Schüler:innen) kamen die vorgegebenen Materialien, nicht jedoch die Methode Flipped Classroom zum Einsatz. Lehrkräfte der Kontrollgruppe (n=402 Schüler:innen) unterrichteten ebenfalls nicht mit der Methode Flipped Classroom und hatten darüber hinaus auch keinen Zugriff auf die konzipierten Materialien. Jede Lehrkraft kann eindeutig einer dieser Gruppen zugeordnet werden.

[1] Die Materialien sind kostenlos verfügbar unter https://www.phytet.de

Zu Beginn und am Ende der Unterrichtsreihe wurde das Konzeptverständnis der Schüler:innen zum Lernbereich ‚Elektrischer Strom' mit dem Testinstrument von Urban-Woldron und Hopf (2012) sowie das physikbezogene Selbstkonzept mit vier Items aus dem Instrument von Habig (2017) erhoben: „In Physik bin ich ein begabter Schüler", „Physik fällt mir leicht", „Physikaufgaben kann ich gut lösen", „Es fällt mir leicht, in Physik etwas zu verstehen" (4-stufige Skala: „stimmt gar nicht", „stimmt wenig", „stimmt ziemlich", „stimmt völlig", codiert mit den Werten 0 bis 3). Zusätzlich wurde das Geschlecht der Schüler:innen und die Zeugnisnote im Fach ‚Natur und Technik' (NuT) aus der vorangegangenen Jahrgangsstufe erfasst.

Forschungsinteresse und Hypothesen

Im Fokus des vorliegenden Beitrags steht die Veränderung des physikbezogenen Selbstkonzepts (phySK) der Schüler:innen, insbesondere im Zusammenhang mit der Unterrichtsmethode Flipped Classroom. Vor dem Hintergrund bekannter Befunde zum akademischen Selbstkonzept lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

- H1: phySK ist bei Schülern stärker ausgeprägt als bei Schülerinnen (Jansen et al., 2014).
- Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen akademischer Leistung und akademischem Selbstkonzept (Marsh et al., 2005), d. h. (H2) die NuT-Note ist ein Prädiktor für phySK zum ersten Erhebungszeitpunkt (phySK-T1).
- Das Kurswahlverhalten wird vom akademischen Selbstkonzept beeinflusst (Nagy et al., 2006), d. h. (H3) Schüler:innen im NTG-Zweig zeigen ein höheres phySK als Schüler:innen in den nicht-NTG Zweigen.
- Vergleichbar leistungsstarke Schüler:innen passen ihr Selbstkonzept unter Berücksichtigung des mittleren Leistungsniveaus ihres direkten Umfelds an, ein hohes mittleres Leistungsniveau geht dabei mit niedrigeren individuellen Selbstkonzeptwerten einher (Big Fish Little Pond Effect; Marsh et al., 2008), d. h. (H4) unter Kontrolle der NuT-Note und des Konzeptverständnis (KV) zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem mittleren Leistungsniveau der Klasse und der Entwicklung des phySK.
- Als selbstbezogene Kognition bezüglich der eigenen, domänenspezifischen Fähigkeiten speist sich das Selbstkonzept aus konkreten Erfahrungen in einer spezifischen Domäne und im Falle des akademischen (hier: physikbezogenen) Selbstkonzepts aus entsprechenden Leistungsrückmeldungen, d. h. (H5) die NuT-Note ist im Zusammenhang mit der Entwicklung des phySK über den Interventionszeitraum hinweg weniger prädiktiv als das Konzeptverständnis.

Offen und eine zentrale Forschungsfrage der Studie ist darüber hinaus der Zusammenhang zwischen der Veränderung des physikbezogenen Selbstkonzepts über die Interventionszeit und der angewandten Unterrichtsmethode.

Methodik

Mit einem Latent Change Score-Modell (LCS-Modell; McArdle, 2009) wurde die Ausprägung des phySK zum Beginn der Unterrichtsreihe (phySK-T1) sowie die Veränderung über die Interventionszeit (Latent Change Score, LCS) modelliert. Das Modell wurde als streng invariantes Zweigruppen-Modell für Schüler:innen aus dem NTG bzw. aus den nicht-NTG Zweigen formuliert. Regressionsanalysen von phySK-T1 und LCS auf die unabhängigen Variablen erlauben die Analyse der formulierten Hypothesen. Die Analysen wurden mit dem Paket ‚lavaan' (Rosseel, 2012) in der Software R (R Core Team, 2017) durchgeführt.

Ergebnisse

Die Fit-Indizes ($\chi^2(48) = 81.4^{**}$, CFI = .996, RMSEA = .025, SRMR = .019) deuten auf eine sehr gute Modellpassung hin (Hu & Bentler, 1999). Zu Beginn der Unterrichtsreihe unterscheiden sich die Mittelwerte (Varianzen in Klammern) im physikbezogenen Selbstkonzept zwischen den Gruppen NTG (M = 1.78 (.38)) und nicht-NTG (M = 1.45 (.38)) signifikant ($\Delta\chi^2 = 113.14^{***}$, d = .53), d. h. Hypothese H3 wird bestätigt. Die Mittelwerte für die Veränderung des Selbstkonzepts über den Interventionszeitraum sind in beiden Gruppen negativ und weichen nicht signifikant voneinander ab (NTG: LCS = -.20 (.32); nicht-NTG: LCS = -.17 (.38)). Tabelle 1 listet die Ergebnisse der Regressionsanalyse. Für den Erhebungszeitpunkt T1 zeigen sich die erwarteten Zusammenhänge zwischen phySK-T1 und Geschlecht (Gesch, H1 bestätigt) bzw. der NuT-Note (H2 bestätigt).

Tabelle 1: Ergebnisse der Regressionsanalyse

		Gruppe NTG		**Gruppe nicht-NTG**	
Abh. Variable	Prädiktor	β_{lv}	β	β_{lv}	β
phySK-T1	Gesch (1: männl.)	$.43^{***}$		$.42^{***}$	
	NuT (1,…,6)	$-.51^{***}$		$-.47^{***}$	
LCS	Gesch	$.15^{*}$		.02	
	NuT	.03		$.08^{*}$	
	KV	$.29^{***}$	$.23^{***}$	$.29^{***}$	$.21^{***}$
	KV-Mean	$-.27^{*}$	$-.07^{*}$	.07	.02
	G_Flipped	$-.20^{*}$		$-.30^{**}$	
	G_Klassisch	-.03		-.09	

Hinweis: β_{lv} gibt die Regressionskoeffizienten für standardisierte latente Variablen an.
Es gilt: *** p < .001; ** p < .01; * p < .05

Erwartungskonform ist das Verständnis grundlegender Konzepte der E-Lehre (KV, IRT-skaliert) prädiktiver für die Veränderung im Selbstkonzept als die NuT-Note (H5 wird bestätigt). Der Big-Fish-Little-Pond Effekt (H4) kann nur in der NTG Gruppe nachgewiesen werden. Bei Schüler:innen, die mit der Methode Flipped Classroom unterrichtet werden (G_Flipped), nimmt das physikbezogene Selbstkonzept im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant stärker ab. In der Gruppe, die ‚klassisch' unterrichtet wurde (G_Klassisch), unterscheidet sich die Veränderung im Selbstkonzept hingegen nicht von der Entwicklung in der Kontrollgruppe.

Fazit

Die intensive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten in der Phase der häuslichen Vorbereitung im Flipped Classroom könnte Schüler:innen ihre Verständnislücken stärker vor Augen führen als dies im ‚klassischen' Unterricht der Fall ist. Bestenfalls trägt die Methode Flipped Classroom so zu einer realistischen Einschätzung der eigenen Fähigkeiten bei. Eine übersteigert pessimistische Einschätzung ist dabei unbedingt zu vermeiden, da sonst Verständnislücken schnell als unüberwindbar erscheinen und die konstruktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff vermieden wird.

Literatur

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom. Reach every student in every class every day. International society for technology in education.

Burde, J.-P. (2018). Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial. Frankfurt am Main: Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität.

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Berlin: Logos.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural equation modeling: a multidisciplinary journal, 6(1), 1-55.

Jansen, M., Schroeders, U., & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. Learning and Individual Differences, 30,11-21.

Lutz, W., Burde, J. P., Wilhelm, T., & Trefzger, T. (2020). Digitale Unterrichtsmaterialien zum Elektronengasmodell. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Lutz, W., Haase, S., Burde, J. P., Wilhelm, T., & Trefzger, T. (2022). Flipped Classroom in der E-Lehre – mehr Zeit für meinen Unterricht. Plus Lucis 2/2022, 27–32.

Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. Child development, 76(2), 397-416.

Marsh, H. W., Seaton, M., Trautwein, U., Lüdtke, O., Hau, K. T., O'Mara, A. J., & Craven, R. G. (2008). The big-fish–little-pond-effect stands up to critical scrutiny: Implications for theory, methodology, and future research. Educational Psychology Review, 20, 319-350.

McArdle, J. J. (2009). Latent variable modeling of differences and changes with longitudinal data. Annual review of psychology, 60, 577-605.

Nagy, G., Trautwein, U., Baumert, J., Köller, O., & Garrett, J. (2006). Gender and course selection in upper secondary education: Effects of academic self-concept and intrinsic value. Educational Research and Evaluation, 12(4), 323-345.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing.

Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. Journal of statistical software, 48, 1-36.

Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 201-227.

Jannis Memmen[1]
Kai Bliesmer[2]
Michael Komorek[2]

[1]LMU München
[2]Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Selbsteinschätzungskonzepte auf dem fachdidaktischen Prüfstand

Selbstwirksamkeitserwartung (Bandura 1977), Selbstkonzept (Shavelson et al. 1976), Fähigkeitsselbstkonzept (Marsh 1990) und das Selbstbewusstsein (Stankov et al. 2012) sind nur einige Begriffe, die in der Lernpsychologie eingesetzt werden, um zu beschreiben, wie sich Lernende bezüglich sich selbst und ihrer eigenen Fähigkeiten einschätzen. Diese Vielfalt an Begriffen unterstreicht die Wichtigkeit solcher Selbsteinschätzungen für das Lehren und Lernen; auch weil die Selbsteinschätzung nachweislich einen hohen Einfluss auf die Kompetenzentwicklung (Bandura et al. 1996, Marsh & Yeung 1997) von Lernenden hat. Allerdings erschwert die Begriffsvielfalt eine begründete Auswahl für empirische Studien, sodass hieraus der Bedarf nach einer Begriffsklärung unter einer fachdidaktischen Brille resultiert, die im vorliegenden Beitrag entlang einer Dokumentenanalyse vorgenommen wird. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Klärung auf Attributionsstile bezogen und eingesetzt, um ein Schema darzustellen, das einen Erklärungsansatz für selbstverstärkende (Bandura, 1977; Scott, 1996) geschlechtsspezifische Unterschiede in der Selbsteinschätzung bietet.

Begriffliche Klärung von Selbsteinschätzungskonzepten

Entlang einer Dokumentenanalyse von Literatur aus der Psychologie wurden vier prävalente Konzepte identifiziert, die sich allesamt auf die Selbsteinschätzung von Lernenden beziehen und den folgenden Begriffen firmieren: Die Selbstwirksamkeitserwartung, das Selbstkonzept, das Fähigkeitsselbstkonzept und das Selbstbewusstsein. Folgende Charakteristika sind diesbezüglich herausgearbeitet worden:

Selbstwirksamkeitserwartung

Das Konzept kann als das Vertrauen, mit den eigenen Fähigkeiten eine gewollte Wirkung hervorzubringen, definiert werden (Bong & Skaalvik 2003). Es hat dabei u. a. Einfluss auf die Leistung (Schwarzer & Hallum 2008), die Notenziele und akademischen Bestrebungen (Bandura et al. 1996), die Karrierewahl (Betz & Hackett 1981) und das Engagement als Lehrkraft (Chesnut & Burley 2015). Die Selbstwirksamkeitserwartung orientiert sich dabei nicht nur an vorangegangenen Erfahrungen, sondern auch an den erwarteten eigenen Leistungen in zukünftigen spezifischen Situationen (Ferla et al. 2009). Gleichzeitig kann bei der Selbstwirksamkeitserwartung von einem zeitlich veränderbaren Konstrukt gesprochen werden. So kann es selbst in einem kurzen Zeitraum signifikant verändert werden (Pajares & Graham 1999). Die Selbstwirksamkeitserwartung eignet sich also gut zur Untersuchung kürzerer und einmaliger Interventionen.

Allgemeines Selbstkonzept

Shavelson et al. (1976) beschreiben in ihrer Arbeit das allgemeine Selbstkonzept als die Wahrnehmung über sich selbst. Sie definieren es als ein organisiertes, multifacettiertes, hierarchisches, stabiles, sich entwickelndes, evaluierendes und differenzierbares Konstrukt. Dessen Differenzierbarkeit zeigt sich an der Untergliederung in das Fähigkeitsselbstkonzept (auch: akademisches Selbstkonzept) sowie in das soziale, emotionale und physische Selbstkonzept, wobei die drei letztgenannten als nicht-akademische Selbstkonzepte gelten (Shavelson et al. 1976). Da das allg. Selbstkonzept als Oberkategorie fungiert und zu unspezifisch ist, ist es für die Untersuchung naturwissenschaftsdidaktischer Fragestellungen ungeeignet.

Fähigkeitsselbstkonzept
In Anlehnungen an die Erläuterungen zum allgemeinen Selbstkonzept lässt sich das Fähigkeitsselbstkonzept als Einstellungen, Gefühle und Wahrnehmungen bzgl. der eigenen (akademischen) Fähigkeiten auffassen (West et al. 1980). In der deutschsprachigen Literatur werden das Fähigkeitsselbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartungen oftmals synonym verwendet, obwohl sich beide unterscheiden: So umfasst das Fähigkeitsselbstkonzept sowohl eine kognitive als auch affektive Dimension (Lent et al. 1997). Gegenüber der Selbstwirksamkeitserwartung lässt sich das Fähigkeitsselbstkonzept domänenspezifisch erfassen (Bong & Skaalvik 2003). Damit erfasst es den übergeordneten Ist-Zustand der eigenen Fähigkeiten aus der Sicht des Individuums. Das Konstrukt dient als Prädiktor für verschiedene Merkmale wie bspw. das Engagement im Unterricht (Skinner et al. 1990) und den Erfolg (Chen et al. 2013). Beim Fähigkeitsselbstkonzept handelt es sich im Gegensatz zur Selbstwirksamkeit um ein stabiles Konstrukt. Hierdurch ist es äußerst schwierig, es über einmalige und kurzzeitige Intervention signifikant zu verändern (Bong & Skaalvik 2003). Folglich ist das Fähigkeitsselbstkonzept eher geeignet, um Langzeitstudien zu begleiten und den Effekt längerer Interventionen zu untersuchen.

Selbstbewusstsein bzw. Selbstvertrauen
Das Selbstbewusstsein wird in der Literatur widersprüchlich und unscharf beschrieben. Im Sinne von Perry (2011) lässt sich das Selbstbewusstsein als der kontextspezifische Glaube eines Individuums an sich und seine Fähigkeiten definieren. In dieser Definition kommt es dem allgemeinen Selbstkonzept sowie der Unterkategorie des Fähigkeitsselbstkonzepts (u.a. Zulauf Logoz 2012) recht nahe. Demgegenüber steht jedoch die Definition von Bandura (1997), der den Begriff des Selbstbewusstseins eher als Schlagwort denn als Konzept einsetzt. Aufgrund dieser Widersprüchlichkeiten kann das Selbstbewusstsein bzw. das Selbstvertrauen nicht als Konzept für fachdidaktische Untersuchungen empfohlen werden.

Fazit
Die Begriffs- bzw. Konzeptklärung zeigt, dass die Selbstwirksamkeitserwartung die beste Passung für die meisten naturwissenschaftsdidaktischen Fragestellungen bietet: Das Konstrukt ist hoch flexibel einsetzbar und gewährt als Prädiktor für verschiedenste Merkmale die Möglichkeit, die Effektivität von Interventionen bewerten zu können. Hierbei kann es sich sowohl um einmalige als auch zeitlich aufwändigere Interventionen handeln, die anhand einer Betrachtung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden beforscht werden können. Es ist demnach angezeigt, bestehende Interventionsprogramme zunächst durch die Linse der Selbstwirksamkeitserwartung zu betrachten. Umgekehrt sollte es Ziel der Fachdidaktiken sein, selbstwirksamkeitssensible Lehr-Lern-Umgebungen zu schaffen. Eine gute Möglichkeit hierfür ist die Schaffung von Gelegenheitsstrukturen für non-formales Lernen (s. phymobil; Beitrag von Komorek, Schmitz & Bliesmer in diesem Band).

Erklärung der Genese von geschlechtsspezifischen Unterschieden (feedback-loops)
Die Ergebnisse der Begriffsklärung bieten die Möglichkeit, auf der Grundlage des Konzepts der Selbstwirksamkeitserwartung in der Kombination mit Kausalattributionen (Weiner 1979) ein grafisches Schema zu erstellen, das die in der Literatur bekannten feedback-loops (Bandura 1977, Scott 1996) differenziert beschreibt, die zu geschlechtsspezifischen Unterschieden (gender gap, confidence gap) führen. Es ist in Abb. 1 dargestellt.

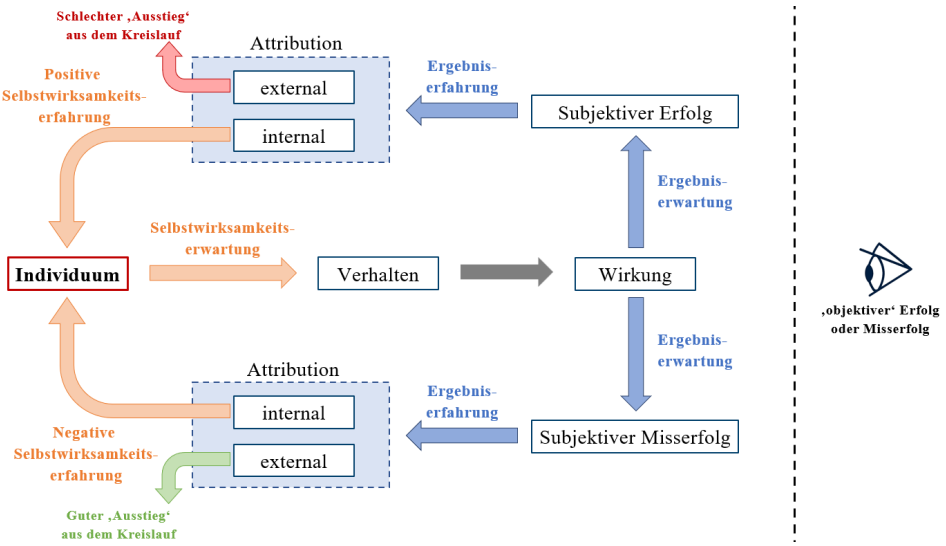


Abb. 1: Schema zur Erklärung von feedback-loops im Rahmen der Selbstwirksamkeit

Die Abbildung geht vom Individuum aus, dessen Verhalten durch die eigene Selbstwirksamkeitserwartung beeinflusst wird und eine Wirkung hervorbringt. Die Wirkung wird vom Individuum betrachtet und je nach Ergebniserwartung entweder als subjektiver Misserfolg oder Erfolg gewertet. Die Unterscheidung zwischen objektivem Erfolg/Misserfolg sowie subjektivem Erfolg/Misserfolg ist an dieser Stelle wichtig. Denn ein objektiver Erfolg (bspw. Erhalt der Note 2 bei Notendurchschnitt von 3,3) kann von einem Individuum als subjektiver Misserfolg gewertet werden, wenn diese Person sich aufgrund ihrer Ergebniserwartung ein besseres Ergebnis (z. B. Note 1,3) gewünscht hat. Zudem ist entscheidend, wie das Individuum die subjektiven Erfolge/Misserfolge attribuiert: Wird ein subjektiver Erfolg external attribuiert (z.B. aufs Glück), findet eine Verantwortungsverlagerung des Erfolgs statt und es kommt zu keiner Selbstwirksamkeitserfahrung. Wird andersherum der subjektive Erfolg internal attribuiert, kommt es zu einer positiven Selbstwirksamkeitserfahrung, was die Selbstwirksamkeitserwartung verstärkt. Umgekehrtes gilt für die Attribution subjektiver Misserfolge. Am Schema ist zu erkennen, dass zur Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung zwei Interventionsmöglichkeiten bestehen: (1) Ein Training zur realistischen Ergebniserwartung ermöglicht die Wahrnehmung subjektiver Erfolge, wodurch zunächst der Zugang in den oberen Zweig ermöglicht wird. (2) Ein Training zum günstigen Attributionsverhalten ermöglicht, dass subjektive Erfolge vermehrt internal attribuiert werden und so zu einer Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung führen können. Subjektive Misserfolge sollten zur Vermeidung einer negativen Selbstwirksamkeitserwartung *tendenziell* external attribuiert werden, gerade wenn es sich hierbei um objektive Erfolge handelt.

Da sich Mädchen und junge Frauen in westlichen Ländern bzgl. ihrer eigenen Fähigkeiten im Vergleich zu Jungs schlechter einschätzen und ungünstiger attribuieren (IU Internationale Hochschule 2022), obwohl sie objektiv bessere Leistungen (u.a. Stanat et al. 2019) erzielen, vermag das Schema geschlechtsspezifische Unterschiede (confidence gap, gender gap) zu erklären. Denn wenn sich Mädchen und Jungen unterschiedlich durch die Zweige bewegen, erfahren sie hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserfahrung unterschiedliche Verstärkungsrichtungen, was deren Gap zusehends vergrößert. Dies gälte es mittels der vorgeschlagenen Interventionen zu verhindern.

Literatur

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review 84*(2), 191-215.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. *Journal of Cognitive Psychotherapie 13*, 158-166.

Bandura, A., Barbaranelli, C., Caprara, G. V. & Pastorelli, C. (1996). Multifaceted impact of self-efficacy beliefs on academic functioning. *Child development 67*(3), 1206-1222.

Betz, N. E. & Hackett, G. (1981). The relationship of career-related self-efficacy expectations to perceived career options in college women and men. *Journal of counseling psychology 28*(5), 399-410.

Bong, M. & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review 15*(1), 1-40.

Chen, S.-K., Yeh, Y.-C., Hwang, F.-M. & Lin, S. S. (2013). The relationship between academic self-concept and achievement: A multicohort–multioccasion study. *Learning and Individual Differences 23*, 172-178.

Chesnut, S. R. & Burley, H. (2015). Self-efficacy as a predictor of commitment to the teaching profession: A meta-analysis. *Educational research review 15*, 1-16.

Ferla, J., Valcke, M. & Cai, Y. (2009). Academic self-efficacy and academic self-concept: Reconsidering structural relationships. *Learning and Individual Differences 19*(4), 499-505.

IU Internationale Hochschule (2022). Kurzstudie Frauen in MINT. Erfurt.

Lent, R. W., Brown, S. D. & Gore Jr, P. A. (1997). Discriminant and predictive validity of academic self-concept, academic self-efficacy, and mathematics-specific self-efficacy. *Journal of counseling psychology 44*(3), 307-315.

Marsh, H. W. (1990). The structure of academic self-concept: The Marsh/Shavelson model. *Journal of educational psychology 82*(4), 623-636.

Marsh, H. W. & Yeung, A. S. (1997). Causal effects of academic self-concept on academic achievement: Structural equation models of longitudinal data. *Journal of educational psychology 89*(1), 41-54.

Pajares, F. & Graham, L. (1999). Self-efficacy, motivation constructs, and mathematics performance of entering middle school students. *Contemporary educational psychology 24*(2), 124-139.

Perry, P. (2011). *Concept analysis: Confidence/self-confidence*. Nursing forum, Wiley Online Library.

Schwarzer, R. & Hallum, S. (2008). Perceived teacher self-efficacy as a predictor of job stress and burnout: Mediation analyses. *Applied psychology 57*, 152-171.

Scott, J. E. (1996). Self-Efficacy: A key to literacy learning. *Reading Horizons: A Journal of Literacy and Language Arts 36*(3), 195-213.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J. & Stanton, G. C. (1976). Self-Concept: Validation of Construct Interpretations. *Review of Educational Research 46*(3), 407-441.

Skinner, E. A., Wellborn, J. G. & Connell, J. P. (1990). What it takes to do well in school and whether I've got it: A process model of perceived control and children's engagement and achievement in school. *Journal of educational psychology 82*(1), 22-32.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). *IQB-Bildungstrend 2018*. Waxmann.

Stankov, L., Lee, J., Luo, W. & Hogan, D. J. (2012). Confidence: A better predictor of academic achievement than self-efficacy, self-concept and anxiety? *Learning and Individual Differences 22*(6), 747-758.

Weiner, B. (1979). A Theory of Motivation for Some Classroom Experiences. *Journal of educational psychology 71*(1), 3-25.

West, C. K., Fish, J. A. & Stevens, R. J. (1980). General self-concept, self-concept of academic ability and school achievement: Implications for “causes” of self-concept. *Australian Journal of education 24*(2), 194-213.

Zulauf Logoz, M. (2012). Bindung, Vertrauen und Selbstvertrauen. *Zeitschrift für Pädagogik 58*(6), 784-798.

Lisa-Marie Christ[1]
Frederik Bub[2]
Olaf Krey[1]
Thorid Rabe[2]

[1]Universität Augsburg
[2]MLU Halle-Wittenberg

Physik und Ich? – Identitätsaushandlungen als Forschungsperspektive

Ziel des BMBF-geförderten Forschungsprojektes IdentMINT ist es, besser zu verstehen, wie Schüler*innen den Naturwissenschaften und dem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (speziell in Physik und Chemie) begegnen. Erkenntnisse der internationalen Forschung im Bereich Science Education deuten darauf hin, dass die Zugänge zu den Naturwissenschaften und damit einhergehende (naturwissenschaftliche) Bildungswegentscheidungen nicht nur von strukturellen Bedingungen geprägt sind, sondern auch von den Identitätsaushandlungen der Schüler*innen beeinflusst werden: *„We need to know how students engage in science and how this is related to who they are and who they want to be“* (Brickhouse, 2001, S. 286).

Ausgangslage

Ein zentraler Befund der internationalen Forschung zu Science Education hebt hervor, dass Naturwissenschaften von Schüler*innen einerseits als interessant und relevant angesehen werden, aber gleichzeitig auch als „nichts für mich“ zurückgewiesen werden (Archer et al., 2010, S. 636). Aus Identitätsperspektive kann dies als ein Spannungsverhältnis zwischen *„doing science“* (positive Wahrnehmung und Freude an Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichem Arbeiten) und *„being a scientist“* (Vorstellung der eigenen Person als Naturwissenschaftler*in) aufgefasst werden (Archer et al., 2010, S. 621). Auch die Ergebnisse der PISA-Studie von 2015, in der neben naturwissenschaftlichen Kompetenzen motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen von Jugendlichen hinsichtlich Naturwissenschaften erfasst wurden, deuten darauf hin, dass Jugendliche in Deutschland den Naturwissenschaften wenig Bedeutung für ihre persönliche Zukunft beimessen und zugleich die naturwissenschaftlichen Selbstwirksamkeitserwartungen gering ausgeprägt sind, wobei der Gendergap besonders deutlich ausfällt (Schiepe-Tiska et al., 2016, S. 100, 113f.). Das Selbstbild von Jugendlichen ist häufig inkompatibel mit dem Bild von Naturwissenschaften und insbesondere dem Bild von Physik als männlich geprägte, schwierige und heteronorme Disziplin (Kessels et al., 2006, S. 762f.). Als wichtige Phase der Identitätsarbeit gilt die Pubertät: Geschlechterrollen bzw. Gender werden (neu) verhandelt und erprobt (Schreiner & Sjøberg, 2007) und Genderidentitäten können so mit weiteren Identitäten, beispielsweise einer sich entwickelnden MINT-Identität bzw. verschiedenen MINT-Identitäten in Konflikt treten (Brickhouse et al., 2000, S. 444). Des Weiteren nehmen Identitätsaushandlungen, vorwiegend durch die Interaktion mit *significant others*, durch Einflüsse der sozialen und kulturellen Umwelt sowie durch eine Verengung des Curriculums, häufig erst nach der vierten Klassenstufe problematische Verläufe, z.B. hinsichtlich Bildungsgerechtigkeit, sozialer Gerechtigkeit und Chancengleichheit (Carlone et al., 2014, S. 859). Andererseits werden Ideen darüber *„who does science“* von Schüler*innen bereits in einem frühen Alter entwickelt und diese sind stark von den Familien und Schulerfahrungen geprägt (DeWitt & Archer, 2015, S. 2187). Bisher ist es noch uneindeutig, inwiefern auch außerschulische MINT-Erfahrungen zur Positionierung von Schüler*innen bezüglich Naturwissenschaften beitragen und Zugänge zu Naturwissenschaften ermöglichen oder beeinflussen (DeWitt et al., 2011; Hazari et al., 2022; Lock et al., 2019).

Identität als ganzheitlicher Zugang und Forschungsfragen

Im Forschungsprojekt IdentMINT wird Identität in einer ersten Annäherung als das Bild bzw. die Vorstellungen und das Wissen einer Person von sich selbst verstanden, wobei diese Selbstwahrnehmung prinzipiell nur einen Ausschnitt der Identität einer Person abbilden kann und vorläufig bleibt (Rabe & Krey, 2018). Identität besitzt somit einen prozessoralen Charakter und wird immer wieder neu verhandelt und hergestellt. Hazari et al. (2010, S. 983) macht die Identitätsperspektive als einen ganzheitlichen Zugang fruchtbar, die auf das Zusammen- und Wechselwirken von persönlichen Eigenschaften und Erfahrungen (persönliche Identität) mit gemeinsamen und gruppenorientierten Erfahrungen (soziale Identität) sowie kontext- und rollenorientierten Erwartungen und Wahrnehmungen bezüglich Naturwissenschaften (MINT-Identität) fokussiert. Die Identitätsperspektive wird im Forschungsprojekt IdentMINT folglich gewählt, um besser verstehen zu können, wie Schüler*innen den Naturwissenschaften im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (speziell in den Fächern Physik und Chemie) begegnen. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

- Wie konstruieren Schüler*innen ihre MINT-Identität(en) in der Phase des Anfangsunterrichts in den Fächern Physik und Chemie?
- Wie verändern sich einzelne Aspekte von MINT-Identitäten (bezogen auf Physik und Chemie) in der Phase des Anfangsunterrichts?
- Wie werden Genderidentitäten und (potentielle) MINT-Identitäten aufeinander bezogen und miteinander verhandelt?

Identitätsaushandlungen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht

Der prozessorale Charakter von Identität wird in dem vorwiegend längsschnittlich ausgerichteten Erhebungsdesign aufgegriffen. Die Verknüpfung von drei Fragebogen- (FB) mit zwei Interviewerhebungen während des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts adressiert die methodische Anknüpfung an die Forschungsfragen. Mit den Fragebogendaten werden konstituierende Elemente von MINT-Identitäten und deren Entwicklung zugänglich gemacht; die Interviews nehmen u.a. konkrete Aushandlungen, z.B. bzgl. Gender, in den Blick. Der naturwissenschaftliche Anfangsunterricht ist an den Gymnasien in den Bundesländern Bayern und Sachsen-Anhalt, in denen die Erhebungen stattfinden, unterschiedlich strukturiert (s. Abb. 1, links). In Sachsen-Anhalt beginnt der Physikunterricht (PU) in der sechsten Jahrgangsstufe,

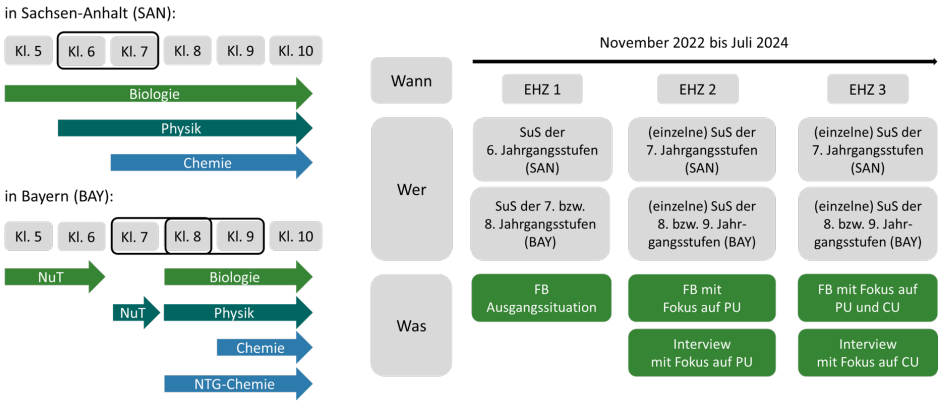


Abb. 1: Überblick über die strukturellen Bedingungen des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts in den Bundesländern Sachsen-Anhalt und Bayern (links) und das Erhebungsdesign (rechts).

der Chemieunterricht (CU) in der siebten Jahrgangsstufe. In Bayern besteht die Möglichkeit zur Wahl einer naturwissenschaftlich-technologischen Ausbildungsrichtung (NTG), sodass diese Wahl das Einsetzen des Chemieunterrichts in der Jahrgangsstufe acht (NTG) bzw. neun (nicht-NTG) bestimmt. Der Physikunterricht beginnt für alle Schüler*innen unabhängig von der Zweigwahl im Rahmen des Faches Natur und Technik (NuT) in der siebten Jahrgangsstufe. Entsprechend finden die Fragebogenerhebungen in Sachsen-Anhalt in den Klassenstufen sechs und sieben statt, in Bayern hingegen in den Klassenstufen sieben und acht bzw. acht und neun (s. Abb. 1, rechts). Die Interviews mit einzelnen Schüler*innen an beiden Standorten setzen zum zweiten Erhebungszeitpunkt ein. Die jeweiligen Schüler*innen haben zu diesem Zeitpunkt mindestens ein Jahr Physikunterricht erlebt.

Überblick über die eingesetzten Erhebungsinstrumente

In den Fragebogenerhebungen beantworten die Schüler*innen Fragen zu schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen hinsichtlich der Fächer Physik, Chemie und Biologie. Die Skalen wurden Jerusalem und Satow (1999) entnommen. Des Weiteren werden die Schüler und Schülerinnen zu wahrgenommenen Einstellungen von Eltern und Peers bezüglich Naturwissenschaften, außerschulischen naturwissenschaftlichen Aktivitäten (auch mit den Eltern) und zum wahrgenommenen Bild von Personen mit naturwissenschaftlichen Berufen befragt. Zusätzlich werden Fragen zur Wahrnehmung des Physik- bzw. Chemieunterrichts, dem Interesse an Physik/Chemie, positiven Aspekten und Verbesserungswünschen bzgl. des Physik- bzw. Chemieunterrichts, zur Selbsteinschätzung von Leistung und Interesse in den beiden Fächern im sozialen Vergleich mit Mitschüler*innen und zur Wahrnehmung der jeweiligen Fachlehrkraft gestellt. Die Skalen dieser Inhaltsbereiche entstammen der ASPIRES-Studie und wurden teilweise adaptiert (ASPIRES, 2016). Die leitfadengestützten Interviews ergänzen bzw. vertiefen die Fragebogenerhebungen thematisch und nehmen konkrete Situationen, Interessen und Erlebnisse, die die Schüler*innen mit Physik/Chemie bzw. dem jeweiligen Unterricht verbinden, in den Blick. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu anderen Fächern und zwischen den MINT-Fächern den Schüler*innen auffallen und wie sie jüngeren Schüler*innen erklären würden, was Physik- bzw. Chemieunterricht auszeichnet, ist ebenso Inhalt der Interviews. Im Gespräch können die Schüler*innen ihre Einstellungen und Positionierungen zu Naturwissenschaften, naturwissenschaftlichen Aktivitäten und außerschulischen MINT-Angeboten verdeutlichen. Außerdem werden die Schüler und Schülerinnen darüber befragt, mit welchen Personen sie sich aus ihrem Umfeld über Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Unterricht austauschen und wie sie die Fachlehrkräfte im Unterricht wahrnehmen.

Ausblick

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die qualitativen und quantitativen Datensätze miteinander verknüpft. Die Fragebogendaten werden als Indikatoren zu (potentiellen) MINT-Identitäten angesehen, wohingegen die qualitativen Daten auf konkrete und individuelle Identitätsaushandlungen fokussieren. Inwiefern durch diese Verknüpfung das Konstrukt „Identität“ ggf. unterschiedlich abgebildet wird, wird während der Auswertung berücksichtigt und zur Diskussion gestellt. Zusätzlich wird der Perspektivwechsel zwischen quer- und längsschnittlichen Daten als gewinnbringend erachtet, um einerseits Einblicke in die Identitätsentwicklungen von Gruppen (Schülerinnen und Schüler sowie innerhalb der Gruppen) zu erhalten und andererseits auch auf Subjektebene Identitätsaushandlungen sichtbar machen zu können.

Literatur

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). “Doing” science versus “being” a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94*(4), 617-639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

ASPIRES. (2016). Skalen aus der ASPIRES-Studie (https://www.ucl.ac.uk/ioe/departments-and-centres/departments/education-practice-and-society/aspires-research). *Erhalten im Rahmen einer Emailkorrespondenz mit Jennifer DeWitt, King´s College London.* (13.09.2016).

Brickhouse, N. W. (2001). Embodying science: A feminist perspective on learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(3), 282-295.

Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What Kind of a Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(5), 441-458.

Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(7), 836-869. https://doi.org/10.1002/tea.21150

DeWitt, J., & Archer, L. (2015). Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education*, *37*(13), 2170-2192.

DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). High aspirations but low progression: The science aspirations–careers paradox amongst minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *9*(2), 243-271. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9245-0

Hazari, Z., Dou, R., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2022). Examining the relationship between informal science experiences and physics identity: Unrealized possibilities. *Physical Review Physics Education Research*, *18*(1), 010107. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010107

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(8), 978-1003. https://doi.org/10.1002/tea.20363

Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKSCHUL). In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Eds.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen* (pp. 15-17). o.A.

Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, *76*(4), 761-780. https://doi.org/10.1348/000709905X59961

Lock, R. M., Hazari, Z., & Potvin, G. (2019). Impact of out-of-class science and engineering activities on physics identity and career intentions. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(2), 020137. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020137

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik – Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 201-216. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0083-x

Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (pp. 99-132). Waxmann.

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2007). Science education and youth's identity construction-two incompatible projects? In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Eds.), *The re-emergence of values in science education* (pp. 231-247). Brill.

Karen Schmidt-Bäse[1] [1]Technische Universität München
Jenna Koenen[1]

MINT-Mädchenförderung im ländlichen Raum: Was hilft wirklich?

Ausgangslage

Zahlreiche Studien zum Problem der geringeren Teilnahmeraten von Mädchen an MINT-Studiengängen haben gezeigt, dass neben der individuellen Ebene (z.B. Interesse, Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten) die „Lebensumweltebene“ eine ebenso große Bedeutung hat (wie z.B. Genderstereotypen der Mädchen, Eltern, Schule; Rollenvorbilder; Unterstützung; Praxis zum Ausprobieren). Die gegenseitige Beeinflussung beider Ebenen ist bisher jedoch wenig untersucht (Stoeger, Debatin, Heilemann & Ziegler, 2019). Ein wichtiger Faktor im Berufswahlprozess ist das in der Jugend entwickelte fähigkeitsbezogene Selbstkonzept, welches durch Rollenstereotype stark beeinflussbar ist (Müller, Kreß-Ludwig, Mohaupt, von Drachenfels, Heitmann & Gorsky, 2018). Die Einstellungen von Eltern und Lehrkräften (beeinflussen durch ihre Leistungserwartung nicht nur die Leistung der Schülerinnen und Schüler im Schulverlauf, sondern) wirken durch eigene geschlechtsstereotypische Zuschreibungen auch auf die Berufs- und Studienwahl der Mädchen (Müller, 2018). Gleichzeitig werden Eltern und auch Lehrkräfte immer als wichtigste Ratgeber bei der Berufswahl genannt (Berger, 2023).

Durch Studien konnte gezeigt werden, dass unter den exogenen Ressourcen von Lernenden das *soziale Bildungskapital* den größten verstärkenden Einfluss auf die anderen Ressourcen hat (z.B. Erhöhung des ökonomischen Bildungskapitals) oder diese auch bei Mangel substituieren kann (Stemmer, 2019). Das unterstreicht die Bedeutung aller Personen im sozialen Umfeld des Individuums, die Einfluss auf den Erfolg des Lernens und der Bildung haben (Ziegler, 2011).

Fragestellung und Hypothese

Aus zahlreichen Biographieverläufen von Ingenieurinnen (Langfeld, 2015) ist zudem bekannt, dass der Entscheidung für einen technischen Studiengang häufig das Aufwachsen in einem technikaffinen Umfeld in Familie und im Alltag zugrunde liegt. Allerdings entscheiden sich auch zahlreiche Frauen ohne diesen familiären Hintergrund für technisch-naturwissenschaftliche Ausbildungswege. Bisher ist jedoch kaum zu verstehen, welches Zusammenspiel von Aspekten für diese Gruppe von Frauen in ihren Entscheidungsprozessen bedeutsam waren. Die Schule als Sozialisationsumgebung und berufsnahe praktische Erprobungsmöglichkeiten könnten gerade für Frauen aus technikfernen Familien von besonderer Bedeutung sein. Ein besseres Verständnis des Zusammenspiels der identifizierten Aspekte könnte Wege aufzeigen, wie eine (Herkunftsfamilien-unabhängige) zukünftige Förderung und berufliche Beratung von Mädchen im MINT-Bereich besser gelingen kann. Unsere Ziele für dieses Projekt sind daher einerseits ein positiv verändertes technisches Selbstkonzept der Mädchen zu erwirken und andererseits die wertvolle Unterstützung von Erziehungsberechtigten und Lehrkräften im Hinblick auf die Berufswahl besser zu verstehen.

Ziel der geplanten Untersuchung ist es daher, folgende übergeordnete Hypothesen zu prüfen:

a) *Wiederholte berufsreale Experimentiererfahrung im Schulverlauf verändern positiv das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept von Mädchen und ihr Bild auf Genderstereotypen. Besonders deutlich erwarten wir diesen Effekt...*
   - *... bei Mädchen, die ohne technik-kulturellen familiären Hintergrund aufwachsen.*
   - *... wenn wichtige Personen wie Eltern und Lehrkräfte Interessens – und/oder Handlungsveränderungen wahrnehmen und positiv unterstützen.*

b) *Die dargestellten Effekte sind bei Teilnehmerinnen an einem Programm, welches wiederholte berufsreale Experimentiererfahrungen ermöglicht, stärker ausgeprägt als in Klassen ohne ein solches Programm.*

Umsetzung und Studiendesign

Die praktische Umsetzung erfolgt mit dem neuen mobilen Programm „MINT-Impulse an der Schule“ der TU München, welches nur an Schulen im ländlichen Raum in Bayern stattfindet. Je 2 TUM-Referentinnen arbeiten gemeinsam mit den Jugendlichen (max. 10 pro Gruppe), bieten anhand von 10 fachlich unterschiedlichen Projekten praktische Einblicke in ihre Forschung und ihr Arbeitsleben. Anschließend wird das Projekt in der Schule nachbereitet und die Teilnahme an weiteren Angeboten der TU München in Absprache mit den Schulen ermöglicht und gefördert. Die Zielgruppe sind alle Mädchen des 8-ten Jahrgangs (Realschulen) bzw. 10-ten Jahrgangs (Gymnasien), so entsteht eine Gesamtkohorte von ca. 600 Mädchen. Die Kontrollgruppe kommt aus einer der Schulen.

Die wissenschaftliche Begleitung fokussiert auf mögliche positive Veränderungen des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzeptes der Mädchen sowie auf die wahrgenommene Unterstützung durch Eltern und LehrerInnen. Es werden die Ausgangsbedingungen bei den Schülerinnen, die Lernmotivation und das motivationsrelevante Erleben am Projekttag sowie die erlebte Unterstützung von Lehrkräften und Eltern in den nachfolgenden Wochen erfasst. Ferner wird die Nachhaltigkeit der Projektangebote, z.B. die Entwicklung des individuellen Interesses und des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzeptes, jährlich bis zum Ende der Schulzeit untersucht. Die verwendeten Fragen beruhen überwiegend auf in der Forschung bereits etablierten, standardisierten Frageitems (Beier, 1999; Beierlein, 2013; Stoeger, 2019; Thomas, 2011; Priemer, 2018; Radoczy, 2013; Willems, 2021; Lewalter, 2014; Hülsmann, 2015). Einige wenige selbst entwickelte Frageitems (z.B. zum Freizeitverhalten) wurden ergänzt und in einer Pilotbefragung mit 30 Teilnehmerinnen auf Verständlichkeit überprüft.

Die Erhebung gliedert sich in ein Pre-Posttest-Design zu Beginn des Projektjahrgangs und am Ende des Schulbesuchs (Messzeitpunkte T1 und T4). Zusätzlich wird die kontinuierliche Begleitung durch jährliche Befragungen der Mädchen gesichert (Messzeitpunkt T3). Alle Befragungen der Schülerinnen erfolgen mit Hilfe von Kurzfragebögen. Damit ergeben sich im Schuljahr des MINT-Impulse-Projektes drei Befragungszeitpunkte, wobei einer davon direkt im Anschluss an die verpflichtende Nachbereitungsstunde erfolgt (T2, Abb. 1). Zusätzlich werden kurze qualitative Interviews mit Lehrkräften durchgeführt. In diesen persönlichen Gesprächen des Forscherteams mit Lehrkräften werden geschlechtsspezifische Einstellungen sowie aktuelle und mögliche Unterstützungsmaßnahmen thematisiert.

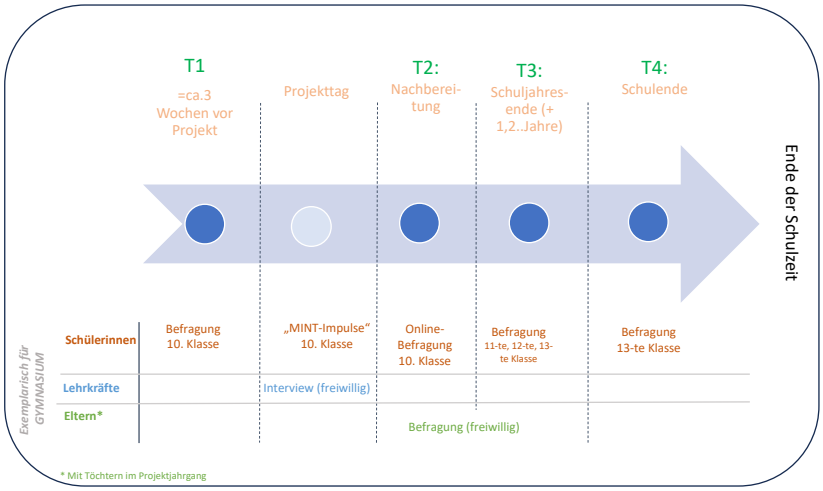


Abb. 1: Darstellung des Erhebungsverlaufs

Ergänzend werden von den Erziehungsberechtigten der Mädchen, die sich für das Projekt interessieren, Einschätzungen zu Fähigkeiten von Frauen und Männern im Allgemeinen, zu Kompetenz und Begabung ihrer Töchter sowie Aussagen zu eigenen aktuellen Unterstützungsmaßnahmen über einen Online-Fragebogen erfasst. Diverse Konstrukte aus den Schülerinnenfragebögen werden sprachlich angepasst hier erneut verwendet (Bildungskapital, Interesse an Tech/MINT, Kompetenzeinschätzung, Kommunikation zum Projekt u.a.m.) und abschließend mit den elterlichen Genderstereotypen in Beziehung gesetzt. Dieses Vorgehen erlaubt einen „beiderseitigen" Blick auf die genannten Aspekte.

Ausblick

Die Pilotbefragung ist bereits erfolgt. Aktuell sehen wir der baldigen Genehmigung des bayerischen Kultusministeriums entgegen, um noch in diesem Schuljahr 23/24 die Befragungen starten zu können. Erste vorläufige Ergebnisse erwarten wir in 2025.

Literatur

Beier, G. (1999). Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik. Report Psychologie 9/99, 684-693.

Beierlein, C., Kemper, C.J., Kovaleva, A., Rammstedt, B.(2013). Kurzskala zur Erfassung allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartungen (ASKU), Methoden, Daten, Analysen Jg 7(2), 251-278.

Berger, N., Baderschneider, A., Drummer, K. (2023). Beratungsleitfaden für eine klischeefreie Berufsorientierung, Forschungsinstitut Betriebliche Bildung, Bonn.

Hülsmann, C. (2015). Kurswahlmotive im Fach Chemie. Dissertation Fakultät für Chemie Universität Duisburg-Essen.

Langfeld, A., Pucher, L., von Wensierski, H-J. (2015). Was ich will, das kann ich!. Da-Lovelace-Projekt Schriftenreihe 6. Jhg, Heft 1.

Lewalter, D. & Knogler, M. (2014). *A questionnaire to assess situational interest – theoretical considerations and findings.* Poster presented at the 50th Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), Philadelphia, USA.

Müller, R., Kreß-Ludwig, M., Mohaupt, F., von Drachenfels, M., Heitmann, A., Gorsky, A. (2018). Warum (nicht) MINT? Institut für ökologische Wirtschaftsforschung Berlin.

Priemer, B., Menzl, C., Hagos, F. *, Musold, W., Schulz, J. (2018):*. Das situationale epistemische Interesse an physikalischen Themen von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors.*ZfDN* **24**, 279–285. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0073-z

Rakoczy, K.; Buff, A.; Lipowsky, F. (2013). Unterrichtsqualität und mathematisches Verständnis in verschiedenen Unterrichtskulturen - Fragebogenerhebung Eingangsbefragung (Pythagoras) [Skalenkollektion: Version 1.0]. Datenerhebung 2002-2003. Frankfurt am Main: Forschungsdatenzentrum Bildung am DIPF. http://dx.doi.org/10.7477/1:3:0.

Stemmer, L. (2019). Frauen in MINT. Ein systemischer Erklärungsansatz der Leaky Pipeline. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg.

Stoeger, H., Debatin, T., Heilemann, M., & Ziegler, A. (2019). Online mentoring for talented girls in STEM: The role of relationship quality and changes in learning environments in explaining mentoring success. New Directions for Child and Adolescent Development, 168, 75-99. doi:10.1002/cad.20320.

Thomas, A. E., Müller, F. H. (2011). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Skalen zur akademischen Selbstregulation von Schüler/innen SRQ-A [G] (überarbeitete Fassung). Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung Nr. 5. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität.

Willems, A. S. (2011). Bedingungen des situationalen Interesses im Mathematikunterricht: Eine mehrebenenanalytische Perspektive. Zugl.: München, Univ., Diss., 2010. Empirische Erziehungswissenschaft: Vol. 30. Münster u.a.: Waxmann.

Ziegler, A. & Stöger, H. (2011). Expertisierung als Adaptions- und Regulationsprozess: Die Rolle von Bildungs- und Lernkapital. In: Dresel, M. & Lämmle, L. (Hrsg.), Motivation, Selbstregulation und Leistungsexzellenz (Talentförderung – Expertiseentwicklung – Leistungsexzellenz) (131-152). Münster: LIT.

Dietmar Block[1]
Christian Schulze[1]
Jasmin Andersen[1]

[1]Christian Albrechts Universität zu Kiel

Laborino – Das smarte Taschenlabor

Die Digitalisierung ist seit einigen Jahren in aller Munde und ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Während die Industrie bereits im großen Umfang digitalisiert ist, gibt es andere Bereiche, die bei der Digitalisierung noch ganz am Anfang stehen. Insbesondere im Bildungssystem kommt die Digitalisierung nur sehr schleppend voran. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Während in der Industrie der Motor der Digitalisierung eine Steigerung der Produktivität und Produktqualität sowie erhebliche Einsparpotentiale waren und sind, die die Investitionen in die Digitalisierung finanzieren, sieht dies im Bildungssystem grundlegend anders aus. Zum einen ist die Zielrichtung der Digitalisierung nur recht grob umrissen. Ein digitalisiertes Bildungssystem hat sicherlich, das Ziel, die Absolvent*innen in Bezug auf ihre spätere Tätigkeit mit den erforderlichen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen auszustatten. Aber bereits bei der konkreten Festlegung dieser wird es schwierig und damit gestaltet sich auch die konkrete Umsetzung schwierig. Hinzu kommt, dass die benötigten Investitionen sich nicht durch Einsparungen oder höhere Umsätze/Gewinne refinanzieren. Damit steht eine Digitalisierung in Zeiten knapper öffentlicher Gelder quasi immer unter einem Spardiktat. Auf der anderen Seite benötigen Lernende aber für den Erwerb der gewünschten Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen entsprechende Lerngelegenheiten und damit implizit ausreichende technische Ressourcen. Diese Forderungen widersprechen sich augenscheinlich und es sind daher kreative Lösungen gefordert, um mit geringen finanziellen Ressourcen trotzdem ausreichende Lerngelegenheit zu schaffen.

In diesem Beitrag möchten wir ein konkretes Beispiel für eine kostengünstige digitale Lerngelegenheit vorstellen: den Laborino. Der Laborino ist technisch gesehen eine digitale Sensorbox, die basierend auf dem Mikrocontroller *Arduino Nano BLE Sense* (Arduino, 2023), Messdaten verschiedener physikalischer Größen via Bluetooth an ein Smartdevice schicken kann. Auf dem Smartdevice sorgt dann die App Phyphox (phyphox, 2023) für eine Visualisierung und eine erste Analyse der Daten. Der grundsätzliche Aufbau des Laborinos ist in Abbildung 1 dargestellt. Wesentliche Design Kriterien für den Laborino waren ein möglichst einfacher Nachbau für Nutzende, geringes Gewicht und kompakte und robuste Bauform, Zugriff auf alle Ports des Arduinos und eine lange Akkulaufzeit. Mit knapp 60g Gewicht und einem Volumen von 60ccm ist der Laborino in eine Vielzahl von Experimenten leicht integrierbar. Insbesondere für Messungen in bewegten Bezugssystemen ist der Laborino sehr gut geeignet. Zudem bieten seine zahlreichen Sensoren Zugriff auf viele physikalische Größen. Die Beschleunigung, Rotationsgeschwindigkeit und Magnetfeldstärke sind jeweils durch 3-Achssensoren sowohl in Stärke als auch Richtung messbar. Ferner liefern ein Mikrophon, ein Lichtsensor, ein Thermometer, ein Drucksensor und ein Sensor für Luftfeuchtigkeit weitere Größen, die für verschiedene, teils fächerübergreifende Messzwecke gewinnbringend eingesetzt werden können. Grundsätzlich sind diese Sensoren auch parallel auslesbar, so dass auch Kombinationen der Messgrößen ausgewertet werden können.

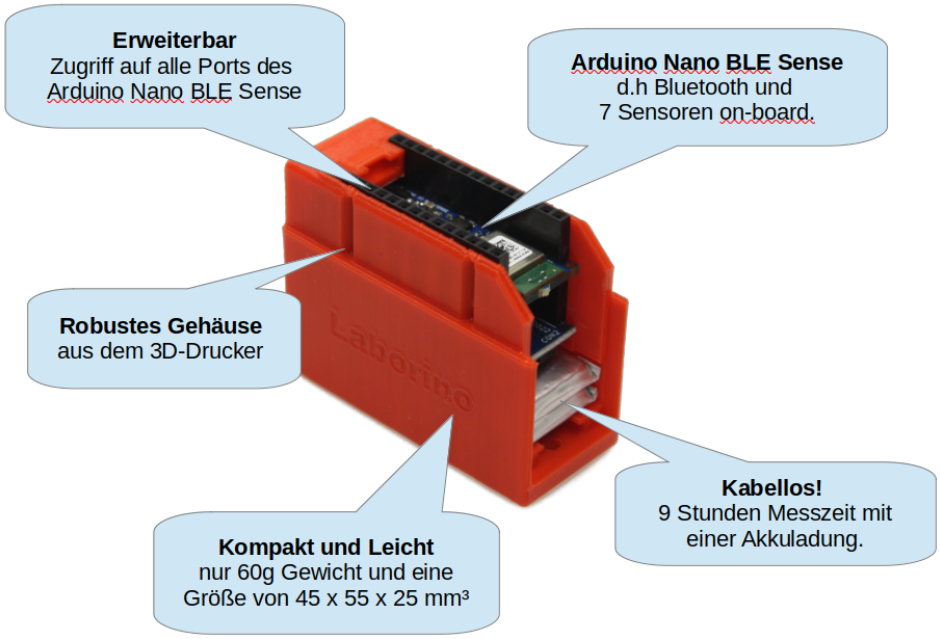


Abb. 1: Aufbau des Laborinos. In einem 3D-Druck Gehäuse sind ein Lithium-Ionen-Akku, eine Ladekontrollplatine Platine (in der Mitte) und der Arduino Nano BLE Sense (obere Platine) untergebracht. Über die Pfostenleiste besteht auch im geschlossen Zustand des Gehäuses der Zugriff auf alle Ports des Arduinos.

Wem dies noch nicht genügt, der hat ferner die Möglichkeit auch noch weitere externe Sensoren an den Laborino anzuschließen. Das modulare Steckkonzept des Arduino liefert den Zugriff auf alle Ports des Aduinos und erlaubt damit analoge sowie digitale Signale zur Steuerung und Kommunikation mit externen Sensoren auszugeben bzw. einzulesen. Zwei typische Beispiele sind in Abbildung 2 dargestellt. Hier sind eine Lichtschranke und ein wasserdichter Temperatursensor mit dem Laborino verbunden.

Eine Besonderheit dieser Messbox liegt in ihrem Charakter als Open Educational Ressource. Die gesamte Software und Hardware des Laborinos ist frei verfügbar (Laborino,2023), so dass sowohl ein Eigenbau als auch eine Weiterentwicklung für die Nutzenden möglich ist. Zudem senkt dieses Konzept die Kosten für den Laborino auf ca. 60€ pro Messbox, so dass ein Klassensatz unter 1000€ kostet. Hieraus ergeben sich einige wichtige Konsequenzen:

1. der Laborino ist keine „Blackbox“, d.h. Lernende haben die Möglichkeit die Funktionsweise der Messbox zu verstehen und ihre Funktionen zu erweitern bzw. eigenen Bedürfnissen anzupassen. Die weite Verbreitung der Mikrocontrollerfamilie von Arduino und ihre einfache Programmierung ist hierfür entscheidend.
2. Für den Erwerb experimenteller Kompetenzen sind Experimente, die von den Lernenden selber durchgeführt werden unverzichtbar. Klassische und auch ganz

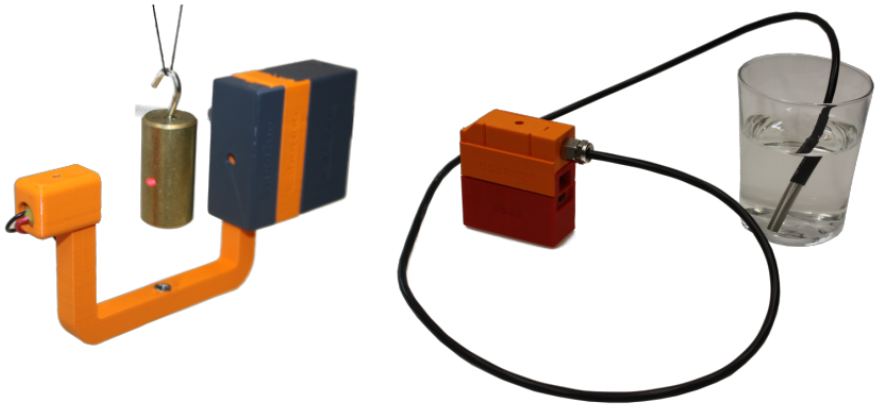


Abb. 2: Externe Sensormodule können auf den Arduino einfach aufgesteckt werden. Hier sind zwei Beispiele abgebildet: eine Lichtschranke (links) und ein wasserdichter Temperatursensor (rechts).

neuartige Schülerexperimente werden durch den Laborino in digitaler Form verfügbar. Dies ermöglicht es insbesondere bzgl. der Auswertung und Analyse von Messdaten neue Wege zu beschreiten und gezielt auch hier digitale Kompetenzen zu vermitteln.

3. Die Verknüpfung von Laborino und Smartdevice via Phyphox nutzt das hervorragende und mehrfach ausgezeichnete Konzept von Phyphox und kombiniert dies mit externen Sensoren. Hierdurch kann die bei Schüler*innen stark motivierende Nutzung des eignen Smartphones gefahrlos in physikalischen Experimenten erfolgen. Der Laborino als kleine und robuste Sensoreinheit ermöglicht Messungen sogar in extremen Situationen (Wurf- und Fallexperimente).

Bisher haben wir uns in diesem Beispiel im Wesentlichen auf den Einsatz des Laborinos im Physikunterricht beschränkt. Grundsätzlich bieten sich aber zahlreiche andere Möglichkeiten im gesamten Spektrum der MINT-Fächer, auf die wir abschließend noch kurz hinweisen möchten. Die wahrscheinlich offensichtlichste Anwendung ist im Informatikunterricht. Da der Laborino weiterhin den vollen Zugriff auf den Arduino und seine Ports erlaubt, kann dieser frei programmiert werden. Die Laborino-Software zur Kommunikation mit Phyphox ist nur eine Möglichkeit der Nutzung. Mit entsprechenden externen Sensoren (CO2, ph-Wert, Temperatur) bieten sich sofort auch Einsatzmöglichkeiten in Biologie oder Chemie. Auch im Bereich Technik sind z.B. das Design und der Bau von Sensoren und passenden Gehäusen mögliche Themenfelder. Auch das große Gebiet des Messens, Steuerns und Regelns lässt sich mit einfachen Mitteln bearbeiten.

Zusammenfassend hoffen wir, dass der Laborino durch seinen Charakter als Open Educational Ressource und sein großes Leistungspotential bei kleinem Preis dazu beiträgt, dass moderne und spannende Experimente Einzug in den MINT-Unterricht finden und bei Lernenden verstärkt experimentelle Kompetenzen vermittelt werden können. Der Laborino ermöglicht do-it-yourself Experimente mit einem ausgeprägten forschend/explorativen Charakter, der über seine motivierende Wirkung positiv auf die Lernleistung ausstrahlt.

Literatur

Arduino (2023), Webseite des Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2, https://store.arduino.cc/ (abgerufen am 9.11.23)

phyphox (2023), Webseite der App phyphox, https://phyphox.org/de/ (abgerufen am 9.11.23)

Laborino (2023), Webseite des Laborino Projektes, https://www.laborino.de (abgerufen am 9.11.23)

Cornelia Borchert
Stefanie Schwedler
Universität Bielefeld

Science Identity im (Chemie-)Studium des DACH-Raums: Erste Ergebnisse eines Literaturreviews

Seit etwa zwei Jahrzehnten wird Identität international als ein für die naturwissenschaftlichen Fächer relevantes Konzept diskutiert (Danielsson et al., 2023; Rushton & Reiss, 2021; Shanahan, 2009). *Science identity* wird beschrieben als „the extent to which someone recognizes themselves and/ or is recognized by others as being ‚scientific'" (Archer et al., 2015, S. 932). Mittlerweile wird sogar von einem „identity turn" (Danielsson et al., 2023, S. 695) in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken gesprochen, also einem Paradigmenwechsel hin zur Orientierung an der Identität der Lernenden. Denn wie erfolgreich und zugehörig Lernende sich in den Naturwissenschaften empfinden, steht in wechselseitiger Beziehung zu ihrem Lernverhalten (Avraamidou, 2014) und dem Wunsch, sich weiterführend, z.B. beruflich, mit Naturwissenschaften zu befassen (vgl. Archer et al., 2015). Dennoch wird kritisiert, dass Identität uneinheitlich bis gar nicht definiert verwendet wird und zu den methodologischen Zugängen wenig Konsens besteht, wenngleich sich die Zitierpraxis auf wenige Leuchtturm-Veröffentlichungen beschränkt. Zudem sind Erkenntnisse zur *science identity* bisher selten für Stakeholder in Politik und Gesellschaft verwendbar aufbereitet (Danielsson et al., 2023).

Empirisch untersucht wird *science identity* im englischsprachigen Raum mit psychometrischen Erhebungsinstrumenten, die *science identity* als Kombination mehrerer Konstrukte operationalisieren, z.B. für die Physik (Hazari et al., 2013; vgl. die Verwendung mit deutschen Schülerinnen bei Wulff, 2019) und in Weiterentwicklung auch für die Chemie (Hosbein & Barbera, 2020). Darüber hinaus werden vor allem qualitativ-interpretative Verfahren verwandt (Danielsson et al., 2023). In den internationalen Reviews stammen nur wenige Studien aus Europa (10% bei Danielsson et al., 2023) oder gar dem deutschsprachigen Raum. Da neben dem konzeptuellen Beitrag von Rabe und Krey (2018), in dem die Bedeutung des Identitätskonstrukts für die Fachdidaktik herausgearbeitet wird, keine Übersichtsarbeiten zur *science identity* im DACH-Raum bekannt sind, wurde ein systematisches Literaturreview zur Zielgruppe der Chemiestudierenden erstellt. Erste Erkenntnisse werden hier berichtet.

Ablauf des Reviews: Das Literaturreview zur *science identity* im Chemiestudium des DACH-Raums wurde anhand der PRISMA-Guidelines (Page et al., 2021) durchgeführt. Um für die Datenbank-Abfrage zur *science identity* verwandte Konstrukte im DACH-Raum zu identifizieren, wurden zunächst die Volltexte der GDCP-Bände aus den Jahren 2015 bis 2023 mit Citavi 6 einer Stichwort-Suche nach dem Begriff „Identität" unterzogen. Aufgrund der Ausrichtung der GDCP auf Chemie und Physik wurden hier noch beide Fächer berücksichtigt. Von den 45 Beiträgen mit dem Stichwort wurden 13 Beiträge einbezogen, die sich auf die intendierte Zielgruppe (Studierende der Chemie oder Physik, inklusive Lehramt) und das Thema (Entwicklung einer (naturwissenschaftlichen) Identität im Sinne der Persönlichkeitsentwicklung) bezogen. Im Anschluss wurde der Identitätsbegriff in einer Datenbank-Abfrage (psycINFO, ERIC, FIS Bildung) mithilfe von Citavi 6 mit den verwandten Begriffen aus dem internationalen und dem DACH-Raum kombiniert und auf Quellen eingeschränkt, die den

Begriff Chemie enthalten, um die intendierte Zielgruppe der Chemiestudierenden zu erfassen[1]. Die 4473 Funde[2] wurden auf 9 Beiträge eingeschränkt, die naturwissenschaftliche Identität oder verwandte Konstrukte bei Studierenden des Fachs Chemie thematisieren.

Erste Ergebnisse: Das Stichwort „Identität" wurde in den untersuchten Jahrgängen der GDCP-Beiträge (2015-2023) ab dem Jahr 2016 gefunden. In der Datenbankrecherche, in der auch verwandte Konstrukte eingeschlossen wurden, reichen die Funde bis ins Jahr 1987 zurück. Der erste fachdidaktische Fund datiert auf das Jahr 2002 und befasst sich mit Einstellungen von Sachunterrichtsstudierende. Es wurde zudem ein vorläufiger Pool an Konstrukten identifiziert, die zusammen erhoben und aus theoretischer Sicht mit Identität in Verbindung gebracht werden: Die Mehrheit der GDCP-Beiträge mit dem Stichwort „Identität" untersucht naturwissenschaftliche Lehramtsstudierende hinsichtlich der verwandten Konstrukte wie Interesse, Selbstkonzept, Einstellungen oder intrinsische Motivation. Fachstudierende werden in den GDCP-Beiträgen in der Studieneingangsphase zu ihrem Belastungserleben, Studier- bzw. Lernverhalten und Studienerfolg untersucht. Dies deckt sich in etwa mit den Funden der Datenbankrecherche.

Eine erste Auswertung zur methodischen Ausrichtung der GDCP-Beiträge offenbart, dass eine Stärke des DACH-Raums in ihrer theoretischen Fundierung des Identitätsbegriffs liegt (z.B. Rabe, 2019). Neben der Verwendung als Rahmenkonzept, z.B. für die Studieneingangsphase (Haak, 2020) oder für Bildungswegentscheidungen im Allgemeinen (Rabe, 2019), wird Identität auch eng mit der Interessensentwicklung von Lernenden (Krey et al., 2023) sowie mit der Übernahme der Schüler*innenperspektive durch angehende Lehrkräfte (Neppl & Rincke, 2018) verknüpft. Sowohl in den GDCP-Beiträgen als auch in den Funden der Datenbankrecherche wird die Entwicklung einer beruflichen Identität von Lehramtsstudierenden betont, die auch fachbezogene Elemente enthält (z.B. Elsholz & Trefzger, 2023; Rehm et al., 2009). In den Funden, die sich mit angrenzenden Konstrukten befassen, wird Identitätsbildung häufig nur als übergeordnetes Ziel eines erfolgreichen Bildungswegs im Allgemeinen oder erwünschtes Ergebnis einer Fördermaßnahme angeführt, aber nicht untersucht.

Während die internationale *science identity*-Forschung aufgrund ihrer Orientierung an vorwiegend qualitativen Studien weniger Fälle insbesondere in den Anfängen gerügt wurde (Danielsson et al., 2023), zeichnet sich im DACH-Raum ein ausgewogeneres Bild ab: Von den GDCP-Beiträgen entfallen 5 Arbeiten auf theoretische Beiträge zur Identität oder Literaturübersichten zu verwandten Themen. 3 Arbeiten verwenden quantitative Methoden, 4 nutzen qualitative Methoden und in einem Beitrag wird mit Triangulation qualitativer und quantitativer Daten gearbeitet. Während in den quantitativen Studien vorwiegend bekannte psychologische Konstrukte aus dem Pool der verwandten Konstrukte (s.o.) untersucht werden, kommt in den Studien mit qualitativer Methodik dem sozialen Umfeld und den damit verbundenen Aushandlungsprozessen größere Bedeutung zu, z.B. beim Lernen in Lerngruppen (Haak et al., 2021). Wird in qualitativen Arbeiten die Auswertungsmethode benannt, wird die qualitative Inhaltsanalyse genannt. In den Arbeiten aus der Datenbankrecherche finden sich mehr quantitative und triangulierende Studien.

[1] Such-String: (identit* OR personality OR persönlichkeit OR self?concept OR selbstkonzept OR possible sel* OR habitus OR fachkultur*) AND chemi*.
[2] Funde über FIS Bildung: 1.601; über ERIC: 330; über psychINFO: 2.542.

Diskussion: Nach den ersten Erkenntnissen des Reviews lässt sich die Idee einer naturwissenschaftlichen Identität auch im deutschsprachigen Raum mehrere Jahrzehnte zurückverfolgen. Das Interesse an Identität ist im DACH-Raum nachweisbar, theoretische Vorarbeiten sind vorhanden. In der internationalen Fachdidaktik-Literatur wird von einem *identity turn* gesprochen und auch in der deutschsprachigen Community findet der Begriff des „Paradigmenwechsels" Verwendung (Rabe & Krey, 2018, S. 207). Im internationalen Raum bezog sich die Kritik an der Ausrichtung der frühen *science identity*-Forschung auf das Überwiegen des Individuums und seiner sozialen Umwelt, hinter dem die soziologischen Zusammenhänge in den Hintergrund traten (Shanahan, 2009). Demgegenüber wird im DACH-Raum Kritik daran geäußert, dass vor dem Hintergrund des quantitativen Paradigmas der letzten Jahre das Subjekt zu wenig berücksichtigt wurde (Borowski, 2019; Krey et al., 2023; Rabe, 2019): War bisher nur die Innensicht der Individuen - aus psychologischer Perspektive, meist zu einem Messzeitpunkt und gemittelt über alle betrachteten Proband*innen - untersucht worden, so treten nun sowohl die Prozesshaftigkeit der Identitätsentwicklung (Borowski, 2019) als auch die Bedeutung des sozialen Umfelds in den Fokus (Haak et al., 2021). Einhergehend damit werden nun auch Auswertungsmethoden vorgeschlagen, die tieferliegende Bedeutungsschichten der Daten freizulegen vermögen und somit latente oder subjektive Bedeutungen zugänglich machen (vgl. Rabe, 2019), während sich qualitative Studien zu Chemiestudierenden bisher vor allem inhaltsanalytischer Methoden bedienen. Für das Chemiestudium im DACH-Raum fehlen allerdings noch Bezüge zu sozioökonomischen Merkmalen, wie sie z.B. Rüschenpöhler und Markic (2020) bei Schüler*innen mithilfe des *chemistry capital*-Ansatzes untersuchen. Derartige Arbeiten können helfen, die gesellschaftlich-kulturelle Bedeutung von naturwissenschaftlicher Identität in den Fokus zu rücken und ihre Relevanz für Bildungsgerechtigkeit aufzuzeigen. In quantitativen Studien sind künftig die Zusammenhänge zwischen den verwandten Konstrukten zu untersuchen, um den bisher oft nur übergeordnet benannten Bezug zur Identität systematisch herauszuarbeiten.

Ausblick und Fazit: Die Verteilung der Beiträge über die Jahre und die Referenzierung weiterer Literatur in den identifizierten Beiträgen deutet darauf hin, dass noch nicht alle im DACH-Raum durchgeführten Studien ermittelt wurden. Außerdem wurde die Datenbank-Abfrage bisher auf Veröffentlichungen mit Chemiebezug eingeschränkt. Unter Beachtung des großen Interesses der Physikdidaktik am Identitätskonstrukt (vgl. z.B. die theorieorientierten GDCP-Beiträge) erscheint eine Ausweitung des Reviews auf die Naturwissenschaften angebracht. Zudem ist die Auswahl der mit Identität assoziierten Konstrukte aufgrund der kleinen Zahl an Funden voraussichtlich nicht erschöpfend.

Die Anzahl von 22 identifizierten Veröffentlichungen, von denen sich nur ein kleiner Teil im Kern mit *science identity* befasst, deutet darauf hin, dass die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Identität von Studierenden im DACH-Raum noch nicht ausreichend untersucht ist. Erkenntnisreich erscheinen einerseits Studien, die Identität auch aus soziologischer Perspektive betrachten. Andererseits ist zudem noch der Zusammenhang der quantitativ erhobenen, psychologischen Konstrukte mit der *science identity* zu klären.

Literatur

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A. & Wong, B. (2015). “Science capital”: A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. Journal of Research in Science Teaching, 52(7), 922–948.

Avraamidou, L. (2014). Studying science teacher identity: Current insights and future research directions. Studies in Science Education, 50(2), 145–179.

Borowski, A. (2019). Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S. 14–24). Universität Regensburg.

Danielsson, A. T., King, H., Godec, S. & Nyström, A.-S. (2023). The identity turn in science education research. Cultural Studies of Science Education 18, 695–754.

Elsholz, M. & Trefzger, T. (2023). Das akademische Selbstkonzept von Lehramtsstudierenden im Fächervergleich. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt (S. 881–884).

Haak, I. (2020). Ein Systematisierungsversuch von Forschungsansätzen zur Studieneingangsproblematik. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (S. 385–388). Universität Duisburg-Essen.

Haak, I., Gildehaus, L. & Liebendörfer, M. (2021). Genese und Funktion von Lerngruppen in der Studieneingangsphase. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S. 89–92). Universität Duisburg-Essen.

Hazari, Z., Sadler, P. M. & Sonnert, G. (2013). The Science Identity of College Students: Exploring the Intersection of Gender, Race, and Ethnicity. Journal of College Science Teaching, 42(5), 82–91.

Hosbein, K. N. & Barbera, J. (2020). Development and evaluation of novel science and chemistry identity measures. Chemical Education Research and Practice 21(3), 852–877.

Krey, O., Höttecke, D., Kasper, L., Rabe, T., Wodzinski, R. & Zügge, T. (2023). Interesse revisited. In H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt (S. 46–49).

Neppl, S. & Rincke, K. (2018). Perspektivenübernahme trainieren – Entwicklung eines Seminarformats zur gezielten Sensibilisierung für Schülersichtweisen. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen (S. 895–898). Universität Regensburg.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ (Clinical research ed.), 372, n71.

Rabe, T. (2019). Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung?. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S. 25–39). Universität Regensburg.

Rabe, T. & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 201–216.

Rehm, M., Brovelli, D., Wilhelm, M., Wellensiek, A., Abels, S. & Lembens, A. (2009). Berufsidentität. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, (S. 354–356). Lit Verlag.

Rüschenpöhler, L. & Markic, S. (2020). How the home environment shapes students’ perceptions of their abilities. International Journal of Science Education, 42(12), 2075–2094.

Rushton, E. A. & Reiss, M. J. (2021). Middle and high school science teacher identity considered through the lens of the social identity approach. Studies in Science Education, 57(2), 141–203.

Shanahan, M.-C. (2009). Identity in science learning. Studies in Science Education, 45(1), 43–64.

Wulff, P. (2019). Supporting young women's physical engagement: Evidence from an intervention in the context of the Physics Olympiad [Dissertation]. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Die vollständige Übersicht der im Review eingeschlossenen Veröffentlichungen kann hier abgerufen werden.

Ralf Auer[1]
Arno Pfitzner[2]
Oliver Tepner[2]

[1]Universität Regensburg

Steigerung experimenteller Kompetenzen durch Selbst- und Peerfeedback

Einleitung

Im Fachunterricht Chemie sollen die Schülerinnen und Schüler nicht nur dazu befähigt werden, an gesellschaftlichen Diskussionen über aktuelle Entwicklungen teilzunehmen. Auch die Entwicklung experimenteller Kompetenzen steht nach nationalen und internationalen Bildungsstandards im Fokus des Unterrichts (KMK, 2020; NRC, 2012, 2013). Von großer Relevanz in Bezug auf die aktuelle Thematik des Klimawandels ist die Speicherung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Speichersysteme wie Redox-Flow- und Lithium-Ionen-Batterien bieten hierbei einen Einblick in aktuelle Speichersysteme (Bieker & Winter, 2016; Meisenzahl et al., 2014; Welter, 2019). Die Übertragung und der Einbezug aktueller Erkenntnisse aus der Forschung in den Unterricht sind Aufgaben einer Lehrkraft. Eine Möglichkeit der Informationsbeschaffung ist der Besuch von Lehrkräftefortbildungen (Daus et al., 2004). Lehrkräfte stellen dabei eine wichtige Determinante für die erfolgreiche Inszenierung gelingenden Unterrichts dar (Helmke, 2009). Im Rahmen der Studie wurde eine eineinhalbtägige Lehrkräftefortbildung zur Förderung experimenteller Kompetenzen zu elektrochemischen Versuchen mit den Schwerpunkten auf Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Batterien entwickelt. Den Erkenntnissen der Vorgängerstudie von Telser (2019) folgend wird als Mittel zur Förderung der experimentellen Kompetenzen kriteriengeleitetes Feedback zu zwei Zeitpunkten im Selbst- bzw. Peerfeedbackformat eingesetzt. Im Folgenden wird ein erster Einblick in die Durchführung der Pilotierungsstudie mit Studierenden gegeben.

Theoretischer Hintergrund

Experimentelle Kompetenzen

Eine Übersicht über verschiedene Phasierungsansätze von experimentellen Prozessen findet sich bei Emden, et al. (2016) in Erweiterung an Emden und Sumfleth (2012). Auch wenn diese Schritte eine starke Vereinfachung des experimentellen Prozesses sind und nicht vollständig der wissenschaftlichen Realität entsprechen (William S. Harwood, 2004), helfen diese vereinfachten Darstellungen der Vermittlung des Experimentierprozesses in der Schule (Nerdel, 2017). Entsprechend der Phasierung des Experimentierprozesses lassen sich verschiedene Aufgaben definieren, die in den einzelnen Phasen von Schüler:innen durchgeführt werden. Hierbei ergeben sich neben den kognitiv-manuellen Aufgaben, die hauptsächlich in der Durchführungsphase zu verorten sind, auch rein kognitive Handlungen, welche die Planung und Auswertung umfassen. Experimentelle Kompetenzen umfassen somit sowohl manuelle als auch kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die entsprechend der Phasierung des experimentellen Arbeitens genutzt werden bzw. bei Personen vorhanden sind oder gefördert werden sollen. Dazu zählen u. a. auch fachsprachliche Aspekte, die beispielsweise in der Formulierung von Hypothesen oder der Kommunikation von Erklärungen notwendig sind, und Variablenkontrollstrategien (Arndt, 2016; Eickhorst et al., 2015; Gut-Glanzmann & Mayer, 2018; Telser, 2019).

Feedback

Einen großen Einfluss auf die Leistungen von Lernenden hat Feedback (Hattie, 1992). Auch für experimentelle Fähigkeiten zeigt sich, dass Feedback im formativen Assessment förderlich sein kann (Scheuermann & Ropohl, 2016). Feedback umfasst allgemein das Ziel, die Abweichung der aktuellen Leistung, des Wissens oder Handelns von einem angestrebten Ziel zu minimieren und kann auf verschiedenen Ebenen und zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen (Hattie & Timperley, 2007). Dabei kann Feedback sowohl einfache als auch elaboriertere Formen umfassen (Narciss, 2006). Lernende erhalten Feedback nicht zwangsläufig nur von der Lehrperson. Auch Bücher, Peers oder die Lernenden selbst können durch Selbstbeobachtung oder -protokollierung als Quelle von Feedback angesehen werden (Fengler, 2017; Hattie, 2015).

Ziele

Im Rahmen der Studie soll zum einen geklärt werden, ob sich das fachliche Wissen von Chemielehrkräften über aktuelle Theorien zu Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Systeme im Rahmen einer eineinhalbtägigen Fortbildung fördern lässt. Zum anderen soll u. a. geklärt werden, ob sich die experimentellen Kompetenzen von Chemielehrkräften in Bezug auf die in der Fortbildung durchgeführten Experimente zur Elektrochemie im Rahmen der Fortbildung ändern. Außerdem soll der Einfluss von Peer- bzw. Selbstfeedback auf die experimentellen Kompetenzen in den oben aufgeführten Bereichen betrachtet werden.

Fortbildungsdesign

Die eineinhalbtägige Fortbildung umfasst neben fachlichen Inhalten zu Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Batterien auch praktische Inhalte zu den genannten Themen. Die Ermittlung des fachlichen Wissens zu Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Batterien erfolgt im Prä-Post-Design anhand eines Fachwissenstests. Zur Unterstützung der theoretischen Inhalte werden vor den jeweiligen Theoriephasen die Inhalte an einer Concept-Map besprochen. An vier Messzeitpunkten, jeweils zu Beginn und Ende der 1,5 Fortbildungstage, werden anhand klassischer Experimente der Elektrochemie die experimentellen Kompetenzen der Chemielehrkräfte durch Videographie der Arbeitsbereiche bei der Planung, Durchführung und Auswertung erhoben. Zusätzlich werden die Lehrkräfte bei der Durchführung eines Experiments zu Lithium-Ionen-Akkumulatoren videographiert. Die Videos des ersten Experiments sowie das Video zum Experiment zu Lithium-Ionen-Akkumulatoren erhalten die Lehrkräfte zusammen mit Feedback-Karten. Die Feedbackkarten dienen als Hilfestellung zur Auswertung der eigenen/ fremden Aufnahmen der Experimentiersituationen. Die zweimalige Anwendung der Feedbackkarten soll zu einer Festigung der Kriterien beitragen. Die Items der Feedbackkarten wurden anhand von Literaturauswertungen sowie der Auswertung der Studie von Telser (2019) erstellt. Probleme, die bei größeren Personenzahlen auftraten, wurden als besonders relevant angesehen und entsprechende Items formuliert. Die Items wurden gruppiert nach Fragestellung und Hypothesenbildung, Planung und Vorbereitung, Aufbau, Sicherheit und Fehlerquellen, Elektrochemie spezifisch, Dokumentation, Auswertung und Fachsprache und entsprechen somit der Anlehnung an eine mögliche Phasierung des Experimentierprozesses. Jede Karte umfasst dabei 3 bis 6 Items. Diese werden von den Teilnehmer:innen anhand einer 5-stufigen Likert-Skala bewertet.

Ergebnisse

Anhand zweier Seminare mit Studierenden wurde das Fortbildungskonzept im Rahmen einer Pilotierungsstudie überprüft. In den Fachwissenstests zu Lithium-Ionen- bzw. Redox-Flow-Batterien zeigte sich eine Zunahme der Mittelwerte von 1.88 auf 3.88 bei Fragen zu Lithium-Ionen-Batterien ($SD_{Prä}$ = 1.88, SD_{Post} = 1.88, Item-Anzahl = 6) und von 0.63 auf 3.25 bei Fragen zu Redox-Flow-Batterien ($SD_{Prä}$ = 0.51, SD_{Post} = 1.83, Item-Anzahl = 5). Eine Auswertung der Feedbackkarten erfolgt zunächst in den Bereichen Fragestellung und Hypothesenbildung, Aufbau und Fachsprache. Abbildung 1 zeigt die grafische Auftragung der Ergebnisse der Auswertung der Likert-Skalen anhand der Videos zum Messzeitpunkt 1.

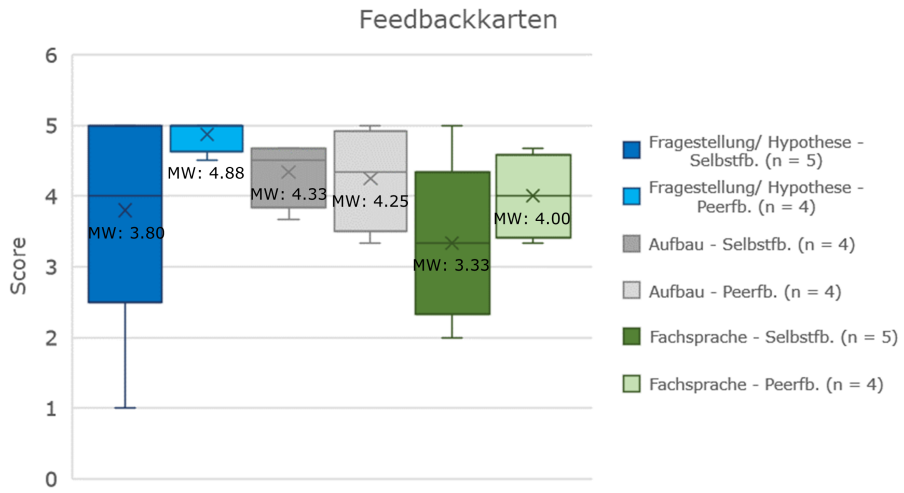


Abb. 1: Grafische Auftragung der Auswertung der Feedbackkarten Fragestellung und Hypothesenbildung, Aufbau und Fachsprache zum Messzeitpunkt 1.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Fachwissenstest zeigt einen Lernzuwachs in beiden Themenschwerpunkten. Betrachtet man die Auswertung der Feedbackkarten, so findet sich im Bereich der Selbstfeedbacksituation sowohl bei Fragestellung und Hypothesenbildung als auch bei Fachsprache eine breite Streuung der Daten, bei der auch der Mittelwert unterhalb der Mittelwerte der Peerfeedbacksituation liegt. In umgekehrter Form gilt dies für die Situation des Aufbaus. Aufgrund der geringen Stichprobengröße lässt sich hierbei keine verallgemeinerbare Aussage treffen. Nähere Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe sollen nun mit Lehrkräften erfolgen. Außerdem sollen die Auswertungen der Videographien mit der Auswertung der Selbst- bzw. Peerfeedbackkarten verglichen werden. Hieraus kann ermittelt werden, inwiefern die Einschätzungen der Lehrkräfte untereinander mit der Ermittlung ihrer experimentellen Kompetenzen in Zusammenhang gebracht werden können.

Literatur

Arndt, K. (2016). *Experimentierkompetenz erfassen: Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 202*. Logos Verlag Berlin.

Bieker, P. & Winter, M. (2016). Lithium-Ionen-Technologie und was danach kommen könnte. *Chemie in unserer Zeit*, *50*(3), 172–186. https://doi.org/10.1002/ciuz.201600745

Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *CHEMKON*, *11*(2), 79–85. https://doi.org/10.1002/ckon.200410007

Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyßen, H. & Neumann, K. (2015). Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 169–171). IPN.

Emden, M., Koenen, J. & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung - Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), *Ganz In - Materialien für die Praxis. Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung.* Waxmann.

Emden, M. & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung: Zur Eignung einer Protokollmethode für die Bewertung von Experimentierprozessen. *MNU*, *65*(2), 68–75.

Fengler, J. (2017). *Feedback geben: Strategien und Übungen* (5. Aufl.). Beltz.

Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Springer.

Hattie, J. (1992). Measuring the Effects of Schooling. *Australian Journal of Education*, *36*(1), 5–13.

Hattie, J. (2015). *Lernen sichtbar machen* (W. Beywl & K. Zierer, Hg.) (3. Aufl.). Schneider Verlag Hohengehren.

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Klett Kallmeyer.

KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*. Carl Link.

Meisenzahl, S., Sittig, P.-P. & Höck, M. (2014). Zukunftstechnologie Lithium-Batterien - Technologie-Roadmap für Lithium-Gerätebatterien. *Chemie Ingenieur Technik*, *86*(8), 1180–1186. https://doi.org/10.1002/cite.201300035

Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback: Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 56*. Waxmann.

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7

NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.

NRC. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18290

Scheuermann, H. & Ropohl, M. (2016). Do different types of feedback in formative assessment enhance inquiry skills differently? In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference: Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 11 (Co-Hrsg. Dolin, J. & Kind, P.)* (S. 1560–1566). Helsinki, Finland: University of Helsinki.

Telser, V. (2019). *Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 282*. Logos Verlag.

Welter, K. (2019). Die Lithium-Ionen-Batterie: Eine Erfindung voller Energie. *Chemie in unserer Zeit*, *53*(6), 362–364. https://doi.org/10.1002/ciuz.201980071

William S. Harwood (2004). A New Model for Inquiry: Is the Scientific Method Dead? *Journal of College Science Teaching*, *33*(7), 29–33. https://www.jstor.org/stable/26491315

Mosab Abumezied
Dominik Dorsel
Sebastian Staacks
Christoph Stampfer
Heidrun Heinke

RWTH Aachen University

Experimentieraufgaben für eine zeitgemäße Physikausbildung an Hochschulen

Einleitung

Die bei praktisch allen Jugendlichen vorhandenen Smartphones (JIM-Studie 2022) verfügen neben dem Mikrofon beispielsweise über einen Beschleunigungssensor, ein Magnetometer oder einen Lichtsensor, welche durch Apps ausgelesen werden können (Vogt & Kuhn, 2012). Je nach App können die Messdaten als Wert oder in Graphen visualisiert werden. Damit können Smartphones auch als experimentelle Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden (West & Vosloo, 2013) und ermöglichen neue Lehr-Lern-Konzepte zum Beispiel im Themenfeld der Bewegung und Kraft im Physikunterricht (Pendel & Rohlén, 2011, Vieyra et al., 2015).
Insbesondere für die Hochschullehre bieten Smartphone-gestützte Experimente die Chance auf die Umsetzung neuer didaktischer Konzepte. Während bisher die Vorlesungen zur Experimentalphysik und Physikpraktika zumeist zeitlich versetzt und auch häufig inhaltlich getrennt voneinander stattfinden, können diese Lehrveranstaltungen durch den Einsatz Smartphone-gestützter Experimente zusammengeführt werden.

Einsatz externer Sensorboxen

Aus diesem Grund werden im Rahmen des Verbundprojekts Physik.SMART der Stiftung *Innovation in der Hochschullehre* systematisch experimentelle Übungsaufgaben für die Grundlagenvorlesungen zur Experimentalphysik unter Nutzung der App *phyphox* (Staacks et al., 2018, Staacks et al., 2018a) entwickelt. Dabei kommen sowohl Experimente mit geräteinternen Sensoren als auch Experimente mit speziell entwickelten externen Sensorboxen zum Einsatz. Letztere erweitern das didaktische Potential von Smartphone-gestützten Experimenten nochmals erheblich gegenüber Experimenten, die ausschließlich auf die Daten geräteinterner Smartphone-Sensoren zurückgreifen (Dorsel et al., 2018). Dies ist dadurch begründet, dass externe Sensormodule zusätzliche physikalische Messgrößen und damit auch weitere Inhaltsfelder für den Einsatz der Experimente erschließen. Sie können zudem deutlich kompakter und robuster gebaut werden als Smartphones. Zusätzlich können die ausgewählten Sensoren auch speziell für geplante Experimente optimiert werden. Die Vereinheitlichung derjenigen Hardware, die sich kritisch auf die experimentellen Ergebnisse auswirkt, ist ein weiterer wichtiger Vorteil, der sich in einigen Lehr-Lern-Szenarien gegenüber den typischen BYOD-Ansätzen (*bring your own device*) für Smartphone-Experimente deutlich zeigt. Dies betrifft den einheitlichen Zugriff auf bestimmte Sensortypen, aber auch den Messbereich und die Empfindlichkeit der Sensoren. Zudem erweisen sich einheitliche Formen und Massen der die Sensoren enthaltenden Geräte in vielen Mechanik-Experimenten als vorteilhaft. Der Aspekt der einheitlichen Hardware wird umso wichtiger, je stärker der Fokus auf quantitativen Daten und deren Modellierung liegt, wie hier exemplarisch für das Experiment *Federpendel* gezeigt wird.

Das Experiment Federpendel

Das Experiment *Federpendel* ist ein Standardexperiment der klassischen Mechanik und typischer Bestandteil von Grundvorlesungen zur Experimentalphysik sowohl in Physik-Studiengängen als auch in der Nebenfachausbildung Physik.

Das Experiment zeigt deutlich den Mehrwert von Smartphone-Experimenten: Da praktisch alle Lernenden mit ihren Smartphones Zugang zu dem entscheidenden Messgerät für die digitale Messwerterfassung haben, können nur durch die Bereitstellung von Low-Cost-Materialien z.B. in Form einer Zugfeder und einer Tüte zur Halterung des Smartphones bereits von allen Lernenden Experimente mit digitaler Messwerterfassung durchgeführt werden. Dies lässt sich mit wenig Aufwand auch für große Hörerzahlen in Vorlesungen zur Experimentalphysik umsetzen, die in Physikstudiengängen oft mehrere Hundert und in der Nebenfachausbildung teilweise auch mehr als 1000 Studierende erreichen (Hütz et al., 2019).
Mit dem Experiment *Federpendel* können verschiedene Lernziele adressiert werden. Sie umfassen das Verständnis diverser physikalischer Konzepte (Goetze et al., 2017), den Aufbau experimenteller Kompetenzen oder das Kennenlernen von kollaborativem Arbeiten (Staacks et al., 2022). Durch den Einsatz von Smartphone-gestützten Experimenten werden aber auch im Vorlesungskontext die Entwicklung von Modellierungskompetenzen oder die Anwendung einfacher Programmierkenntnisse in physikalischen Kontexten zugänglich. Aufgaben zu den letztgenannten Lernzielen können in besonderem Maße vom Einsatz externer Sensorboxen profitieren (siehe unten).
Für die Vorlesung „Experimentalphysik I“ an der RWTH Aachen wurde eine experimentelle Übungsaufgabe zum Federpendel entwickelt, in der Studierende die zeitabhängige Beschleunigung eines gedämpften Federpendels mithilfe von phyphox erfassen sollen. Anschließend sollen die Studierenden als Übung zur Anwendung einfacher Programmierkenntnisse die aufgenommenen Daten mithilfe von Python auswerten. Bei der Entwicklung der Aufgabe wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die Dämpfung im System gezielt und kontrolliert so zu beeinflussen, dass die Ergebnisse eines Vergleichs der experimentellen Daten mit einem einfachen Modellsystem vorhersagbar werden. Dies führte zur Entscheidung, statt der Smartphones der Studierenden externe Sensorboxen als schwingendes System einzusetzen. Dabei handelt es sich um an der RWTH entwickelte zylindrische Sensormodule mit einem Durchmesser von 32 mm und einer Höhe von 60 mm, die u.a. über Beschleunigungssensoren verfügen (Dorsel, 2023). Mit ihrer Geometrie und der Masse von nur 42 g sind sie für die kontrollierte Untersuchung von Dämpfungseffekten deutlich besser geeignet als typische Smartphones, die zudem in Vorlesungen mit mehreren Hundert Studierenden auch eine große Varianz aufweisen. Im Versuchsaufbau kamen zusätzliche veränderliche Pendelmassen zum Einsatz. Die Dämpfung wurde mithilfe von runden Pappen mit verschiedenem Durchmesser realisiert, welche an den Pendelmassen befestigt wurden. Einen Beispiel-Datensatz zeigt Abb. 1.

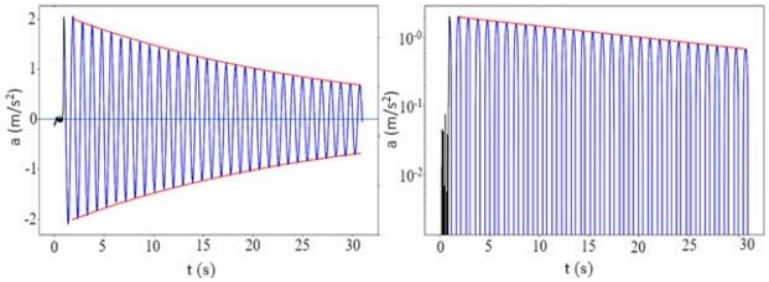


Abb. 1 Beispielhafte Darstellung der Beschleunigung als Funktion der Zeit für ein gedämpftes Federpendel auf linearer (links) und logarithmischer Skala (rechts). Details siehe Text.

Die Studierenden sollen mit der experimentellen Übungsaufgabe zum Federpendel neben den experimentellen Kompetenzen auch ihre Modellierungs- bzw. Programmierkenntnisse vertiefen, indem sie die erhobenen Daten mithilfe von Python darstellen und auswerten. Dazu sollen die Messdaten über ein Jupyter-Notebook importiert, visualisiert und die Einhüllende erfasst und deren Verlauf diskutiert werden. Beispielhaft sind in Abb. 1 Messdaten mit einer gefitteten Einhüllenden in linearer (links) sowie logarithmischer Darstellung (rechts) zu sehen.
Die in Abb. 1 gezeigte sehr gute Übereinstimmung zwischen den experimentellen Daten und dem theoretischen Modell einer exponentiell abfallenden Schwingungsamplitude wird tatsächlich nur für spezielle Kombinationen der experimentellen Parameter beobachtet. Dies zeigt beispielhaft Abb. 2 mit der Darstellung des zeitlichen Verlaufs der abfallenden Amplitude für verschiedene Dämpfungspappen mit Durchmessern von 5 cm bis 30 cm bei einer schwingenden Gesamtmasse von 280 g. Es ist erkennbar, dass mit steigendem Pappendurchmesser die erhobenen Messdaten immer weniger einem exponentiellen Verlauf (schwarze Linien) folgen. Offenbar ändern sich hier die dominanten Reibungsprozesse.

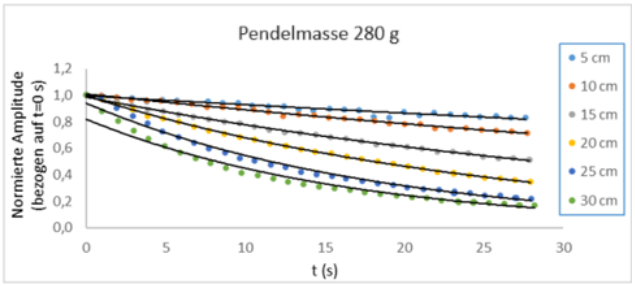


Abb. 2 Zeitabhängige Amplituden der Beschleunigung für eine Messreihe zum Federpendel mit Variation der Dämpfung durch runde Pappen mit verschiedenen Durchmessern.

Ein ähnliches Verhalten wird beobachtet, wenn das Experiment bei einer konstanten Dämpfungspappe von 20 cm Durchmesser mit verschiedenen schwingenden Massen von 100 g bis 300 g durchgeführt wird. Die Ergebnisse zeigen, dass das Modell des exponentiellen Abfalls der Beschleunigungsamplitude mit der Zeit hier umso besser passt, je größer die Masse ist.
Da die mathematische Beschreibung der Pendelbewegung somit stark vom Verhältnis der Pendelmassen und der Größe des Dämpfungsglieds abhängt, erweist es sich für eine sinnstiftende Aufgabenstellung (zumindest am Studienbeginn) als essentiell, dass die Studierenden mit einer einheitlichen Hardware (hier in Form der externen Sensormodule) experimentieren.

Fazit und Ausblick.
Smartphone-Experimente mit der App *phyphox* können traditionelle Übungsaufgaben in Grundlagen-Vorlesungen zur Experimentalphysik gewinnbringend ergänzen und dabei auf diverse Lernziele ausgerichtet sein. Durch die Erweiterung mit externen Sensormodulen werden neue Themenfelder und Kompetenzbereiche zugänglich, was am Beispiel des gedämpften Federpendels gezeigt wird. Z.B. können Studierende unter Nutzung der mit einem externen Sensormodul gemessenen Daten ihre Modellierungs- und Programmierkenntnisse vertiefen.
Neben dem Versuch *Federpendel* werden weitere Experimente in den Übungsbetrieb zu den grundlegenden Experimentalphysik-Vorlesungen eingebettet. In der einführenden Vorlesung sind das beispielsweise ein Fallschnur-Experiment, Experimente zur Reibung und zum Trägheitsmoment, zum Fadenpendel und zum inelastischen Stoß. Weitere Sensormodule, mit denen z.B. Temperaturen, der Druck und elektrische Spannungen gemessen werden können, ermöglichen die Ausweitung des Konzepts zum Einsatz experimenteller Smartphone-gestützter Übungsaufgaben auf den gesamten Kanon grundlegender Experimentalphysik-Vorlesungen.

Literatur

Dorsel, D., Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Smartphone-Experimente mit externen Sensoren. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1. Abgerufen von https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/883

Dorsel, Dominik (2023), Entwicklung der Nutzbarkeit externer Sensoren bei Smartphone-Experimenten und deren Einsatz in naturwissenschaftlichen Experimenten, Dissertation, RWTH Aachen University

Götze, B., Heinke, H., Riese, J., Stampfer, S., Kuhlen, S. (2017) Smartphone-Experimente zu harmonischen Pendelschwingungen mit der App phyphox, in PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 233-239

Hütz, S., Staacks, S., Stampfer, C., Heinke, H. (2019) Kleiner Aufwand, großer Nutzen? - Experimentiersets zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones, in PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 273-279

JIM-Studie (2022), Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. JIM-Studie 2022 - Jugend, Information, Medien. Online abrufbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM_2022_Web_final.pdf

Pendrill, A & Rohlén, J. (2011). Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4. Physics Education, 46(6), 676-676.

Staacks, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018) Smarte Experimente in Physik Journal, 17 (11), 35-38

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018a) Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, in Physics Education, 53 (4), 045009, DOI: 10.1088/1361-6552/aac05e

Staacks, S., (2022). Collaborative smartphone experiments for large audiences with phyphox. Eur. J. Phys. 43 055702.

Vieyra, R. et al (2015). Turn Your Smartphone Into a Science Laboratory. The Science Teacher 082(09).

Vogt, P. & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. The Physics Teacher 50, 182–183.

West, M., Vosloo, S., (2013). UNESCO Policy Guidelines for Mobile Learning. UNESCO Publications, Paris

Katharina Forster[1]
Dominik Diermann[1]
Jenna Koenen[1]

[1]Technische Universität München

DEAN – Digital unterstützt Experimentieren
Eine Seminarkonzeption

Motivation & theoretischer Hintergrund

Das Experiment ist der zentrale Aspekt des Chemieunterrichts zur Vermittlung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses. Dabei erfordert besonders das (schülerzentrierte) Experimentieren verschiedene eigenständige Arbeitsschritte wie Hypothesengenerierung, Planung, Durchführung und Auswertung sowie eine weitere Vielzahl von Kompetenzen der SchülerInnen (KMK, 2005b). Die Aufgabe der Lehrperson ist es folglich die entstehenden Probleme zu erkennen, auf (Lern-) Schwierigkeiten einzugehen und das Experimentieren bestmöglich zu unterstützen. Dies kann auch durch digitale Medien erfolgen, die bei der Planung, der Dokumentation oder der Auswertung und Interpretation von Experimenten eingesetzt werden können (Schneeweiß & Sieve, 2020). Große Vorteile digitaler Medien beim Experimentieren stellen unter anderem die Möglichkeiten auf verschiedene Repräsentationsformen sowie auf individuell einsetzbare Lernhilfen zurückzugreifen dar. In den letzten Jahren wurden einige Ansätze entwickelt, digitale Medien an sinnvollen Stellen in das Experimentieren im Schulkontext einzubinden (z.B. Seibert et al., 2021), um so einen Mehrwert für die SchülerInnen zu generieren. Jedoch stellt es für Lehrkräfte eine große Herausforderung dar, die experimentellen Anforderungen und Inhalte mit angemessener didaktischer Begleitung zu verbinden und digitale Medien sinnvoll auszuwählen und begründet einzusetzen. Einen Überblick zu den benötigten Lehrkompetenzen für eine erfolgreiche Integration von digitalen Medien in den (Chemie-) Unterricht stellt der Orientierungsrahmen DiKo-LAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften) dar (Becker et al., 2020).

Tatsächlich werden digitale Hilfsmittel häufig nur exklusiv für einzelne Teilaspekte des Erkenntnisgewinnungsprozesses eingesetzt und viele Lehrende haben Schwierigkeiten, das Potential digitaler Medien in diesem Anwendungsfeld auszuschöpfen und ihren SchülerInnen eine didaktisch fundiert gestaltete digitale Unterstützung zur Verfügung zu stellen (Sieve & Schanze, 2015). Diese Schwierigkeiten äußern sich bspw. oftmals durch mangelnde Kenntnisse über digitale Medien und deren Anwendung.

Zielsetzung

Ziel des Seminarkonzeptes ist somit, diesen Schwierigkeiten durch eine verzahnte Vermittlung von theoretischem Wissen und direkte Anwendung von digitalen Medien in Praxissituationen entgegen zu wirken. Die Lehramtsstudierenden sollen dabei befähigt und ermutigt werden, digitale Medien selbst zu erstellen und diese motivierend, individualisiert und didaktisch begründet im Unterricht, speziell beim Experimentieren, einzusetzen.

Hierzu erstellen die Studierenden eigenständig einen **d**igitalen **E**xperimentier-**A**ssiste**n**ten („DEAN“), der die SchülerInnen auf verschiedene Weisen beim Erkenntnisgewinnungs-prozess unterstützen soll.

Seminarkonzept

Das Konzept wird im Rahmen eins fachdidaktischen Seminars für Lehramtsstudierende mit Fach Chemie (Gymnasiale und Berufliche Bildung) umgesetzt. Dabei liegt der Fokus auf der Planungs- und Entwicklungsphase des DEANs als digitales Tool. Die Studierenden erstellen den DEAN als ein interaktives eBook unter Einbezug verschiedener digitaler Medien (z.B. Augmented Reality, Simulationen/Animationen, Erklärvideos, Quizzes, …). Dieses kann beim gesamten Lernprozess zu einem Hands-on-Experiment zum Thema Säure-Base-Chemie als Lernbegleitung für die SchülerInnen fungieren. Besonders im Bereich der Säure-Base-Chemie kann durch geeignete digitale Unterstützungsmöglichkeiten der Aufbau des Stoff-Teilchen-Konzeptes initiiert und angesprochen werden. Gleichzeitig bietet dieses Themengebiet ein breites Angebot an alltagsnahen Experimenten, sodass zahlreiche Anknüpfungspunkte zur Förderung der Experimentierkompetenzen existieren.

Die genaue Seminarkonzeption gliedert sich in vier Phasen (vgl. Abbildung 1), die sich auf die im Rahmen des Moduls zur Verfügung stehen zwölf dreistündigen Seminarsitzungen verteilen. Gestützt werden die Phasen durch die Durchführung von zwei Schülertagen, an denen eine direkte Verzahnung mit der Schulpraxis erzielt werden soll. Indem die SchülerInnengruppen die erstellten Materialien direkt anwenden, erhalten die Studierenden somit unmittelbares Feedback und können dies in die weitere Bearbeitung miteinfließen lassen bzw. die Erreichung der Zielsetzung überprüfen.

Abb. 1: Schematische Darstellung der Seminarkonzeption je einzelner Phase.

Die Seminargestaltung konzentriert sich dabei besonders auf die Phasen 2 und 3, um theoretisches Wissen unmittelbar mit praktischer Anwendung zu verbinden.

Phase 1: Vermittlung theoretischer Grundlagen

In Phase 1 werden erste theoretische Grundlagen zu digitalen Medien und zur Medienkompetenz angelehnt an den Orientierungsrahmen DiKo-LAN (Becker et al., 2020) vermittelt. Des Weiteren erarbeiten die Studierenden ihren ausgewählten Versuch zum Thema Säure-Base-Chemie in analoger Weise in Form eines Arbeitsblattes und ohne den Einsatz von digitalen Medien.

Schülertag A: Wobei haben die SchülerInnen Problem/Schwierigkeiten?
Dieses Arbeitsblatt wird zu Beginn des Semesters am ersten Schülertag von einer Schulklasse bearbeitet. Ziel dieses Schülertages ist es, praxisnah etwaige SchülerInnenfehler zu beobachten und potenzielle Unterstützungsmöglichkeiten beim Experimentieren zu identifizieren. Basierende auf diesen Erfahrungen soll der DEAN im Rahmen des Seminars konzipiert werden.
Phase 2: Verzahnte Vermittlung von Theorie und Praxis
In Phase 2 erfolgt die Verzahnung von Theorie und Praxis, in der die Studierenden die Möglichkeit haben, das Gelernte zu verschiedenen Medien, Apps und Programme sowie dem Experimentieren auszuprobieren und sich mit Techniken und Methoden vertraut zu machen.
Phase 3: Praxisphase: Erstellung der eigenen DEANs
In Phase 3 arbeiten die Studierenden eigenverantwortlich im Labor und entwickeln in Partnerarbeit ihren DEAN. Dabei wenden die Studierenden das erworbene theoretische und praktische Wissen über digitale Medien und deren Anwendungen direkt im Rahmen ihrer DEANs an. Zur Unterstützung bei der Erstellung sind Feedbackrunden und individuelle Beratungsmöglichkeiten vorgesehen. Die Studierenden entwickeln dabei ihre eigenen Fähigkeiten hinsichtlich der Erstellung von digitalen Medien weiter.
Schülertag B: Wie wird die Unterstützung einer SchülerInnengruppe, die mit dem DEAN arbeitet empfunden? Ist eine Verbesserung zu beobachten?
Am zweiten Schülertag sind die teilnehmenden SchülerInnen im Rahmen eines Projekttages aufgefordert, die erstellten DEANs auszuprobieren und Feedback an die Studierenden zu geben. Gleichzeitig sind die Studierenden wieder dazu aufgefordert, SchülerInnenfehler beim Experimentieren mit dem DEAN zu beobachten. Ziel dieses Schülertages ist es, die erstellen Materialien in Form des DEANs direkt mit SchülerInnen auszuprobieren und so ein detailliertes Feedback zu erhalten.
Phase 4: Präsentation und Diskussion über die Projekte
Phase 4 beinhaltet eine abschließende gemeinsame Ergebnispräsentation und Diskussion über die einzelnen digitalen Experimentierassistenten (DEANs).

Ergebnisse & Ausblick
Das Seminarkonzept wurde im Gesamten von den Studierenden als äußerst bereichernd wahrgenommen, wobei besonders die beiden Schülertage in Form der direkten Anwendung positiv hervorgehoben wurden. Dadurch war es den Studierenden möglich, direkt Feedback zu ihren DEANs zu bekommen und Praxiserfahrung zu sammeln.
Zur Überprüfung inwiefern die Medienkompetenz bei den Studierenden durch das Seminarkonzept gefördert wird, erfolgt im nächsten Sommersemester eine Beforschung dieser. Hierzu wird das Seminarkonzept nochmals durchgeführt und die Medienkompetenz der Studierenden anhand von Fragebogen und Kurzinterviews in einem Prä-Post-Design erhoben.

Danksagung
Die Konzeption und Umsetzung des Seminars erfolgt im Rahmen der Förderung durch das Kolleg Didaktik:digital der Joachim-Herz-Stiftung. Wir bedanken uns sehr herzlich für diese Unterstützung.

Literatur

Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J. & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM labaoratory courses – Theoretical background and empirical results. *British Journal of Ecudational Technology*, vol. 51, no. 3, S. 611-628.

Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A., Krees, S. (2015). *Chemiedidaktik kompakt* (2.Auflage). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E. Meier, M., Thoms L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Gumpert, A. (2016). Lernen mit E-Portfolios: Selbstreflexionsfähigkeit als zentrales Kompetenzziel. In S. Aßmann, P. Bettinger, D. Bücker, S. Hofhues, U. Lucke, M. Schiefner-Rohs, C. Schramm, M. Schumann, T. van Treeck (Hrsg.) *Lern- und Bildungsprozesse gestalten* (Junges Forum Medien und Hochschulentwicklung, S. 91-99). Münster, New York: Waxmann.

Haßler, B., Major, L., & Henessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156.

KMK (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004 (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.) (Nr. 06220): Luchterhand. Zugriff am 15.10.2023.

Schneeweiß, N. & Sieve, B. (2020). Experimentieren mit digitalen Werkzeugen. *Unterricht Chemie*, Nr. 177 / 178.

Sieve, B., & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 145, 2-7.

Seibert, J., Heuser, K., Lang, V., Perels, F., Huwer, J. & Kay, C.W.M. (2021). Multitouch Experiment Instructions to Promote Self-Regulation in Inquiry-Based Learning in School Laboratories. *J. Chem. Educ.,* 98, 1602-1609.

Schlummer, P., Wichtrup, P., Meßinger-Koppelt, J., Heusler, S., Lauman, D. (2021). Digitale Medien und Experimente – Perspektiven aus der Schulpraxis. In: S. Habig (Hrsg.) „Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?“ (GDCP Tagungsband 2020).

Puentedura, R. (2006). Transformation, Technology and Education, http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/04/16/SAMRGettingToTransformation.pdf (Zuletzt aufgerufen am 15.10.2023).

Tenberg, R. (2020). Editorial: Grundständige digitale Lehrpersonenbildung – nicht in Sicht. Journal of Technical Education (JOTED), 8(1), 16–32.

Hannah Montz[1]
Laura Sührig[1]
Roger Erb[1]

[1]Goethe Universität Frankfurt am Main

Einfluss der strukturellen Gestaltung von Arbeitsblättern auf den Experimentiererfolg

Lehrkräfte sind im Schulalltag mit heterogenen Klassen konfrontiert (Trautmann & Wischer, 2011). Um dem Anspruch eines guten Unterrichts gerecht zu werden und möglichst alle Lernenden bestmöglich zu fördern, müssen Differenzierungen vorgenommen werden (Musenberg & Riegert, 2015). Insbesondere beim selbstständigen Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, bei dem viele verschiedene Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler gestellt werden, sind Differenzierungen essenziell (Schmitt-Sody & Kometz, 2016).

Im Rahmen einer Wissenschaftlichen Hausarbeit sollte erforscht werden, welche auf Lerntheorien basierende Faktoren der Gestaltung von Lernmaterialien zu Lernendenversuchen die erfolgreiche Durchführung von Experimenten zu Stromkreisen begünstigen. Konkret wurde bei den Lernmaterialien das Signalisierungsprinzip, das Prinzip der räumlichen Kontiguität (Mayer & Fiorella, 2014), das Segmentierungsprinzip (Mayer & Pilegard, 2014), das Multimediaprinzip (Trojahner & Fürstenau, 2016) und inhaltliche Hilfestellungen verwendet. In der Studie wurden dadurch vier verschiedene Versionen eines Arbeitsblattes erstellt: ein angepasstes Original; ein angepasstes Original mit Hilfestellungen auf der Rückseite; ein strukturverändertes Arbeitsblatt mit Anwendung des Signalisierungs- und Segmentierungsprinzip sowie dem Prinzip der räumlichen Kontiguität; und ein strukturverändertes Arbeitsblatt mit integrierten Hilfestellungen, bei dem die Gestaltungsprinzipien auch auf die Hilfestellungen angewandt wurden. Durch die veränderte Struktur des Arbeitsblattes erhöhte sich der Seitenumfang um zwei Seiten, durch die Hilfestellungen um eine. Zusätzlich wurde auch eine Überlagerung von Schaltskizze und einem Foto des realen Aufbaus des Stromkreises mit Hilfe einer Folie und einer Ringbindung realisiert (siehe Abbildung 2).

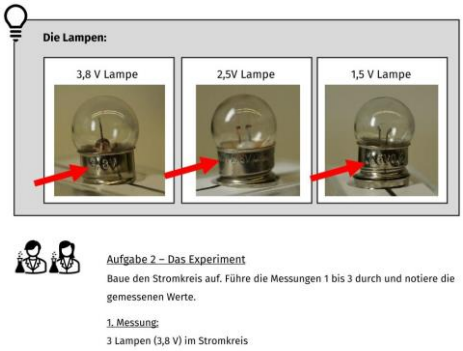


Abbildung 1: Ausschnitte des strukturveränderten Arbeitsblattes mit Hilfestellungen.

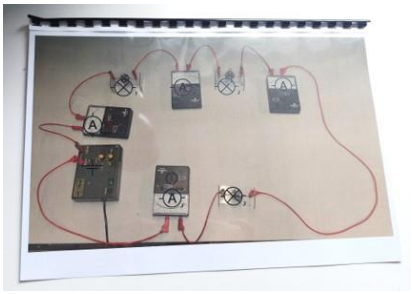


Abbildung 2: Überlagerung von Schaltskizze und realem Aufbau.

Hypothesen

H1: Die Hilfestellungen helfen den Schülerinnen und Schülern, indem sie Probleme beim Experimentieren auflösen, wodurch die Interventionsgruppe das Lernendenexperiment erfolgreicher bearbeiten kann als die Kontrollgruppe.

H2: Durch die Implementierung von Hinweisen in das Arbeitsblatt wird die Intervention von Lehrkräften oder anderen Lernenden minimiert.
H3: Die Schülerinnen und Schüler können das Experiment erfolgreicher als die Kontrollgruppe durchführen, wenn das Arbeitsblatt eine gemäß der genannten Gestaltungsprinzipien veränderte Struktur besitzt.
H4: Die Überlagerung von Schaltskizze und realem Aufbau des Stromkreises hilft den Schülerinnen und Schülern den Stromkreis richtig aufzubauen und Fehler im Aufbau zu vermeiden.

Design der Studie

In der qualitativen Feldstudie wurden die Lernenden durch geschulte Beobachterinnen und Beobachter bei der Bearbeitung des Arbeitsblattes beobachtet und die Beobachtungen notiert. Zusätzlich wurde zu jeder Arbeitsblattversion eine Tonaufnahme erstellt, transkribiert und nach der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2016) ausgewertet. Nach der Bearbeitung füllten die Lernenden einen zur Hälfte vollstrukturierten (Ratingskala), zur Hälfte teilstrukturierten (offene Fragen) Fragebogen (Döring, 2022) aus. Der Bearbeitungsfortschritt wurde nach Ende der Bearbeitungszeit aus der Anzahl der (korrekt) bearbeiteten Aufgaben ermittelt. Die Anzahl der aufgetretenen Probleme bei der Bearbeitung (z.B. Fehler im Stromkreis) und die Häufigkeit der Nutzung von Hilfsmitteln (z.B. Nutzung der Schaltskizze) wurde auf Grundlage der Beobachtungsnotizen und Transkripte bestimmt.

Die Studie wurde mit 16 Lernenden einer 8. Klasse des Gymnasialzweigs einer Frankfurter Gesamtschule im Rahmen des regulären Physikunterrichts durchgeführt. Die Lernenden wurden für die Bearbeitung des Blattes in acht Zweiergruppen aufgeteilt, sodass es zu jeder Version des Arbeitsblattes zwei Lernendengruppen gab. Der Einfluss der Struktur und der Hilfestellungen wurden separat untersucht, sodass die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe jeweils aus zwei Arbeitsblattversionen, d.h. vier Lernendengruppen, bestand (bei dem Interventionsschwerpunkt Hilfestellungen: Kontrollgruppen K (angepasstes Original) und S (strukturverändertes Arbeitsblatt), Interventionsgruppen H (Hilfestellungen) und HS (Hilfestellungen und veränderte Struktur); bei dem Interventionsschwerpunkt Struktur: Kontrollgruppen K und H, Interventionsgruppen S und HS).

Ergebnisse

Die Lernenden, deren Arbeitsblatt Hilfestellungen enthielt, konnten im Vergleich zur Kontrollgruppe einen größeren Anteil des Arbeitsblattes bearbeiten (siehe Abbildung 3).
Lernende, denen ein strukturverändertes Arbeitsblatt zur Verfügung stand, hatten deutlich weniger Probleme bei der Bearbeitung, verwendeten mehr als doppelt so viele Hilfestellungen und erzielten einen höheren Bearbeitungsfortschritt (siehe Abbildung 4). Insbesondere Hilfen, die Teil der Lernmaterialien waren (z.B. die Schaltskizze und Aufgabenstellungen), wurden deutlich häufiger verwendet als bei den Kontrollgruppen. Ebenso wurden die implementierten Hilfestellungen bei der Gruppe HS im Vergleich zur Gruppe H öfter verwendet.

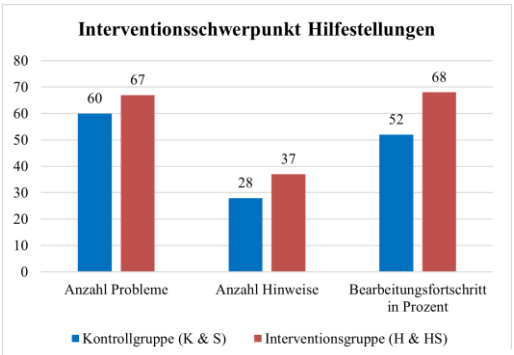


Abbildung 3: Vergleich der Anzahl der Probleme, Hinweisnutzung und des Bearbeitungsfortschritts des Schwerpunkts Hilfen.

Allgemein traten am häufigsten Probleme bezüglich des Aufbaus des Stromkreises und Fehler im Stromkreis, die nicht selbstständig von den Lernenden gelöst werden konnten, auf. Das mit Abstand am häufigsten verwendete Hilfsmittel war die Schaltskizze, die auf dem Arbeitsblatt abgedruckt war.
Die Fragebogenitems, die die Orientierung auf dem Arbeitsblatt und das subjektive Empfinden der Gestaltung betreffen, wiesen eine hohe Diskrepanz in den Antworten auf.

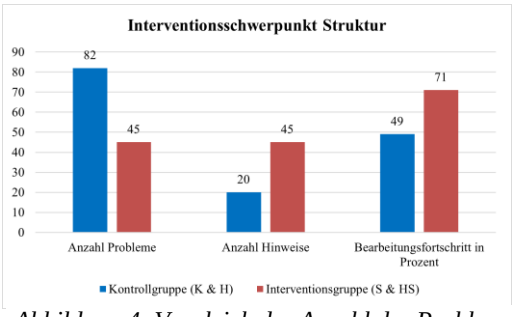


Abbildung 4: Vergleich der Anzahl der Probleme, Hinweisnutzung und des Bearbeitungsfortschritts des Schwerpunkts Struktur.

Diskussion

Zwischen der Anzahl der verwendeten Hilfen und dem Bearbeitungsfortschritt lässt sich kein Zusammenhang erkennen (siehe Abbildung 5). Es lässt sich vermuten, dass die Hilfen an der falschen Stelle gesetzt wurden und die Lernenden eher lernstrategische anstatt inhaltlicher Hilfestellungen benötigt hätten. Die Hypothese H2 lässt sich nicht bestätigen, da die Anzahl der Probleme, die eine Intervention durch die Lehrkraft erforderten, bei der Interventionsgruppe nicht geringer ausgefallen ist, als bei der Kontrollgruppe. Auch H1 kann nicht gänzlich zugestimmt werden, da zwar die Interventionsgruppen einen größeren Anteil des Arbeitsblattes bearbeitet haben, jedoch kein Zusammenhang zwischen Bearbeitungsfortschritt und der Anzahl der verwendeten Hilfestellungen festgestellt werden konnte. Der größere Bearbeitungsfortschritt könnte daher auch auf andere Gründe zurückgeführt werden.

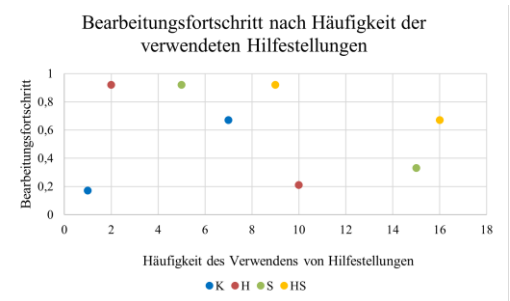


Abbildung 5: Bearbeitungsfortschritt nach der Häufigkeit der verwendeten Hilfen.

Durch die Anwendung des Segmentierungsprinzips und dem Prinzip der räumlichen Kontiguität kann davon ausgegangen werden, dass das Extraneous Cognitive Load verringert werden konnte (Mayer & Fiorella, 2014), wodurch die Lernenden mehr Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses für die Bearbeitung einsetzen und so mehr Teilaufgaben bearbeiten konnten. Die Hypothese H3 kann daher bestätigt werden. Den implementierten Hilfestellungen wurde durch das Signalisierungsprinzip und der räumlich passenden Einbettung mehr Aufmerksamkeit geschenkt (von Gog, 2014), wodurch sie häufiger verwendet wurden. H4 lässt sich ebenfalls bestätigen, da die am häufigsten verwendeten Hilfsmittel der Interventionsgruppen die Schaltskizze und die Überlagerung von Skizze und Aufbau waren und die Schaltskizze deutlich häufiger genutzt wurde als bei der Kontrollgruppe.

Zusammenfassung

Die Studie zeigt erste Hinweise darauf, dass sich eine lerntheoretisch begründete Gestaltung von Lernmaterialien positiv auf den Bearbeitungsfortschritt und die Reduktion von Problemen bei der Bearbeitung auswirkt. Insbesondere die Überlagerung von Schaltskizze und realem Aufbau hat die Lernenden während dem eigenständigen Experimentieren unterstützt. Bezüglich dem Einfluss von Hilfestellungen lässt sich keine genaue Aussage treffen, da vermutet wird, dass statt der inhaltlichen Hilfestellungen lernstrategische Hilfen die Lernenden der Stichprobe besser unterstützt hätten.

Literaturverzeichnis

Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 279-315). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. E., & Pilegard, C. (2014). Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pre-training, and Modality Principles. In R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 316-344). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung.* Weinheim: Beltz.

Musenberg, O., & Riegert, J. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktische Herausforderung. In J. Riegert, & O. Musenberg, *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 13-28). Stuttgart: Kohlhammer.

Döring, N. (2022). Datenerhebung. In N. Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation* (S. 321-570). Berlin: Springer.

Schmitt-Sody, B., & Kometz, A. (2016). Differenzierung im Chemieunterricht. In M. Eisenmann, & T. Grimm, *Heterogene Klassen - Differenzierung in Schule und Unterricht* (S. 137-154). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). *Heterogenität in der Schule.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Trojahner, I., & Fürstenau, B. (2016). Die Kognitive Theorie des Multimedialen Lernens. In B. Fürstenau, *Lehr-Lern-Theorien* (S. 61-76). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Von Gog, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 263-278). Cambridge: Cambridge University Press.

Hagen Schwanke[1]
Markus Elsholz[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik –
Universität Würzburg

Augmentierte Schülerexperimente in der E-Lehre: Wie förderlich ist diese Visualisierung?

Kurzfassung
Die Sekundarstufe I bietet in der 10. Jahrgangsstufe in Bayern zum Thema der Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung einer augmentierten Lernumgebung. Dabei sollen die in diesem Projekt entwickelten Applikationen hauptsächlich die Modelle der magnetischen Felder sichtbar machen. Die Applikationen werden in einem Lehr-Lern-Labor angewendet, in dem Schülerinnen und Schüler ein Stationenlernen mit sechs verschiedenen Experimenten durchführen. Mittels quantitativer Testinstrumente wird das Konstrukt des situationalen Interesses erhoben und die Anwendung von Augmented Reality mit zwei weiteren Darbietungsformen verglichen. Diese Darbietungsformen sind zum einen Experimente, welche im klassischem Sinne durchgeführt werden, und zum anderen Experimente, welche zusätzlich mit einer Simulation unterstützt werden. Der Beitrag liefert einen Überblick über die durchgeführte Studie und präsentiert erste vorläufige Ergebnisse.

Theoretische Einordnung
Zum Themengebiet Augmented Reality (AR) gibt es nach wie vor nur sehr wenige quantitative Beiträge (Wyss et al., 2022). Die Visualisierung von Modellen kann mit Hilfe von AR umgesetzt und dadurch das entsprechende theoretische Modell direkt an dem realen Experiment überlagert werden. Der Vergleich in Abbildung 1 zeigt, dass auf der linken Seite das klassische reale Experiment und auf der rechten Seite durch die Erweiterung mittels AR zusätzlich das dreidimensionale Magnetfeld eines Stabmagneten zu sehen ist. Da Experimente die SchülerInnen motivieren und ihnen die Möglichkeit geben sollen, ihre Vermutungen oder Ergebnisse experimentell zu überprüfen, stehen Experimente nach wie vor im Fokus des Physikunterrichts und der Forschung (Lindlahr, 2014). Gleichzeitig gelten Modelle und Visualisierungen im Allgemeinen als lernförderlich (Kircher et al., 2020; Mikelskis-Seifert, 2004). Daher bietet es sich an AR und reale Schülerexperimente miteinander zu kombinieren. Dabei hat zum einen das Design der Lernmaterialien einen Einfluss auf die kognitive Belastung (R. E. Mayer, 2014; Sweller et al., 1998) und zum anderen die Gestaltung der Lernumgebung durch die Person-Gegenstands-Konzeption des Interesses nach Krapp einen Einfluss auf das situationale Interesse (Krapp, 2002; Schiefele et al., 1993).

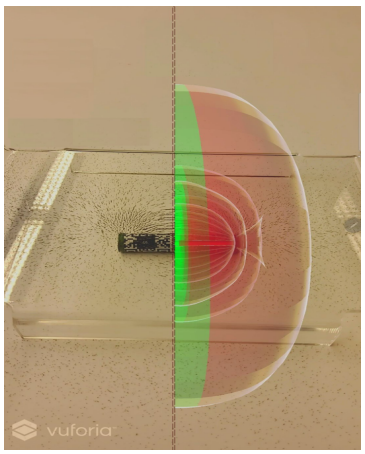


Abb. 1 Schülerexperiment real (links) und augmentiert (rechts)

Studiendetails

Im Fokus der Studie steht die Wirkung der Darbietungsweise von physikalischen Modellen auf das situationale Interesse. Dabei stellt sich die Frage, ob die Verwendung einer AR-Applikation im Vergleich zu klassischen oder mit Simulationen unterstützten Schülerexperimenten einen Einfluss auf das situationale Interesse hat. Des Weiteren soll der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluss das Sach- und Fachinteresse oder allgemein zusammengefasst das individuelle Interesse auf das situationale Interesse bei den verschiedenen Darbietungsmöglichkeiten haben.

Im Vordergrund steht die individuelle Sicht der SchülerInnen auf die Darbietungsmethode. Aus diesem Grund erhalten alle SchülerInnen die verschiedenen Darbietungen und dies in unterschiedlicher Reihenfolge, um Zeiteffekte zu vermeiden (vgl. Abb.2). Mit Durchführung der Zwischentests von Habig et al. (2018) nach jedem Block kann auf das situationale Interesse der jeweiligen Darbietungsmethode geschlossen werden. Für einen detaillierteren Ablauf sei an dieser Stelle auf Schwanke & Trefzger (2020) verwiesen.

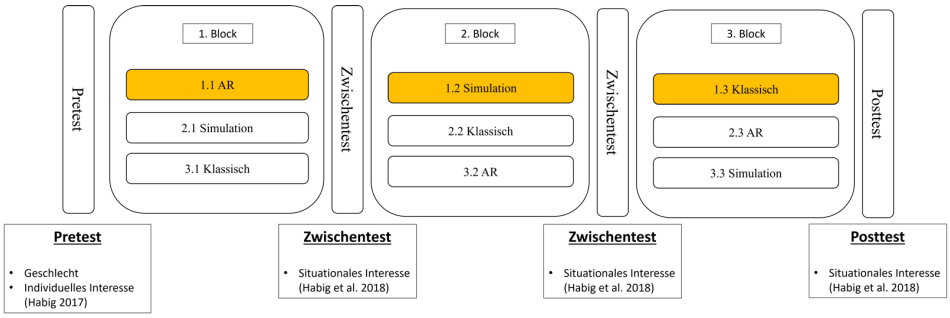


Abb. 2 Studiendesign und Ablauf der Intervention

An der Studie nahmen seit Dezember 2022 192 SchülerInnen der 10. Klassen bayerischer Gymnasien im Raum Würzburg teil. Von diesen liegen insgesamt 163 vollständige Datensätze vor, welche sich in 76 Frauen und 87 Männer aufspalten, von denen 92 den naturwissenschaftlichen Zweig und 71 den nicht naturwissenschaftlichen Zweig wählten.

Aufbereitung der Daten

Die erhobenen Daten wurden nach gängigen Methoden aufbereitet. Dabei wurde für den Test des Fachinteresse eine interne Konsistenz von α=0.80 und für den Test des Sachinteresses ein α=0.88 ermittelt. Für die Subskalen des situationalen Interesses (SIT) ergeben sich für alle drei Messzeitpunkte Werte zwischen α=0.63 und α=0.89.

Ebenfalls wurde für die Daten des situationalen Interesses zu den jeweiligen Testzeitpunkten eine explorative Faktorenanalyse mittels einer Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse mit Promax-Rotation durchgeführt. Dabei ergibt sich, dass die vier Subskalen des situationalen Interesses, namentlich die emotionale Valenz (emo) , die aktivitätsbezogene intrinsische Motivation (exin) , die wertbezogene Valenz (wert) und das themenbezogene Interesse (kon), nur auf zwei Faktoren laden (vgl. Tab.1). Dieses Ergebnis wird auch bei Habig (2017) festgestellt. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass die Items der emotionalen Valenz und der aktivitätsbezogenen intrinsischen Motivation einen Faktor bilden. Ebenfalls kann angenommen werden, dass die Items der wertbezogenen Valenz und des themenbezogenen Interesses einen Faktor bilden.

	SIT 1. Block		SIT 2. Block		SIT 3. Block	
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 1	Faktor 2
emo1	0.50		0.38	0.33	0.43	
emo2	0.58		0.55		0.60	
emo3	0.67		0.85		0.63	
wert1		0.51		0.63		0.64
wert2		0.40		0.58	0.31	0.38
wert3		0.43		0.51		0.57
exin1	0.61		0.53		0.63	
exin2	0.41		0.34		0.49	
exin3	0.88		0.88		0.91	
exin4	0.87		0.73		0.76	
exin5	0.70		0.85		0.87	
exin6	0.55		0.55		0.68	
kon1		0.90		0.81		0.91
kon2		0.65		0.78		0.83
kon3		0.72		0.78		0.88
kon4		0.86		0.84		0.90
kon5		0.45		0.47		0.64

Tabelle 1: Blockweise Faktorenanalyse mit zwei angenommenen Faktoren. Ladungen unter .3 werden nicht angezeigt

Vorläufige Ergebnisse der Evaluation

Nach Aufbereitung der Daten wurde ein Mehrgruppenvergleich in einem Strukturgleichungsmodell berechnet, um Zusammenhänge zwischen dem individuellen Interesse und der emotionalen Valenz der weiblichen und männlichen Teilnehmer zu prüfen. Unter Einhaltung der von Hu & Bentler (1999) geforderten globalen Fit Indizes passt das Modell (CFI=0.99, RMSEA=0.007, SRMR=0.066) zu den erhobenen Daten und es können folgende vorläufige Aussagen getroffen werden:

Bei beiden Geschlechtern führte die klassische Darbietung zu den niedrigsten Werten der emotionalen Valenz. Bei einem maximal zu erreichendem Wert von 4 ergeben sich folgende Mittelwerte: Frau: $AR_F = 1.33, SIM_F = 1.90, K_F = 0.99$; Mann: $AR_M = 1.75, SIM_M = 2.00, K_M = 1.39$. Der Zusammenhang von individuellem Interesse und emotionaler Valenz unterscheidet sich für die verschiedenen Darbietungsformen und wird hier durch einen standardisierten Pfadkoeffizient β geschätzt. Während durch das Fachinteresse bei den Frauen ein geringer Zusammenhang zu erkennen ist ($\beta_{AR,F} = 0.12, \beta_{SIM,F} = 0.19, \beta_{K,F} = 0.14$), hat dieses bei den Männern keinen Einfluss ($\beta_{AR,M} = -0.03, \beta_{SIM,M} = 0.01, \beta_{K,M} = -0.05$). Es liegt ein Zusammenhang zwischen dem Sachinteresse und der emotionalen Valenz bei der Darstellung mittels AR und der klassischen Darstellung vor, bei der Simulation jedoch nicht. Männer:($\beta_{AR,M} = 0.40^{*}, \beta_{SIM,M} = 0.27, \beta_{K,M} = 0.55^{***}$)[1] Frauen: ($\beta_{AR,F} = 0.44^{*}, \beta_{SIM,F} = 0.13, \beta_{K,F} = 0.53^{**}$). Limitiert werden diese Aussagen durch eine zu geringe Stichprobengröße. Aus diesem Grund und zur Untermauerung der Ergebnisse wird eine Nacherhebung ab Dezember 2023 angesetzt, um ein N von 300 zu erreichen.

[1] Signifikanzniveau: * p < .05 ; ** p < .01 ; *** p < .001

Literaturverzeichnis

Habig, S. (2017). *Systematisch Variierte Kontextaufgaben und Ihr Einfluss Auf Kognitive und Affektive Schülerfaktoren*. *Studien Zum Physik- und Chemielernen Ser: v.223*. Logos Verlag Berlin. https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5313492

Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 99–114. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8

Hu, L. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *6*(1), 1–55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118

Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen* (4. Auflage). Springer Spektrum.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, *12*(4), 383–409. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1

Lindlahr, W. (2014). Virtual-Reality-Experimente für Interaktive Tafeln und Tablets. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Naturwissenschaften. Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 90–97). Joachim-Herz-Stiftung Verlag.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer & R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition, S. 43–71). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005

Mikelskis-Seifert, S. (2004). *Erforschen, Entdecken, Erklären. Modulbeschreibungen des Programms SINUS-Transfer Grundschule. Naturwissenschaften. G2*. https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=1003631

Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *25*, 120–148.

Schwanke, H. & Trefzger, T. (2020/2020). Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung; 2020: Bonn.* http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/1052 (Erstveröffentlichung 09.2020)

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, *10*(3), 251–296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Wyss, C., Degonda, A., Bührer, W. & Furrer, F. (2022). The Impact of Student Characteristics for Working with AR Technologies in Higher Education—Findings from an Exploratory Study with Microsoft HoloLens. *Information*, *13*(3), 112. https://doi.org/10.3390/info13030112

Timo Hackemann[1] [1]Universität Hamburg

Affektive Bindung an Naturwissenschaften Resilienz als Schlüssel?

Neben fachlichen und prozessbezogenen Kompetenzen stellen auch positive Einstellungen zum Lernen sowie ein positives Fähigkeitsselbstkonzept wichtige Zielbereiche des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. Die Ausbildung von affektiven Aspekten wie dem des Fähigkeitsselbstkonzepts steht in direktem Zusammenhang mit dem Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht und dessen Themen (Krapp 1998). Das Interesse gilt hierbei als Ausgangspunkt, um naturwissenschaftliche Themen und Arbeitsweisen nach wiederholter Auseinandersetzung als Bestandteil des eigenen Selbstkonzepts anzusehen. Allerdings stehen Physik und Chemie auf der Beliebtheitsskala der Unterrichtsfächer weit hinten und auch die Inhalte begeistern aufgrund der Orientierung an den wissenschaftlichen Kernbereichen ebenso nur bestimmte Personen (Merzyn 2008). Insbesondere traditioneller, Lehrkraft zentrierter, naturwissenschaftlicher Unterricht mit einem hohen Anteil an Demonstrationsexperimenten und Rechenaufgaben bindet somit hauptsächlich Lernende, die ein hohes Maß an *Science Capital* aufweisen, an Naturwissenschaften (Archer et al. 2015).

Eine Möglichkeit, um dieser Misere zu entgehen, ist projektbasierter, forschend-entdeckender und am Interesse der Lernenden ausgerichteter naturwissenschaftlicher Unterricht. Dieser ermöglicht Lernenden sich selbstwirksam zu erleben und fördert so die Ausbildung eines positiven Selbstkonzepts. Aufgrund der Unterrichtskonzeption birgt dieser jedoch die Gefahr der Überforderung seitens der Lernenden. Diese negativen Lernerlebnisse beeinträchtigen wiederum das Fähigkeitsselbstkonzept, sowie schlussendlich das Zugehörigkeitsgefühl zu den Naturwissenschaften. Um trotz Rückschlägen im Lernprozess und einem zunächst geringeren allgemeinen Interesse an naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Inhalten Lernerfolgen zu erzielen, bedürfen Schüler:innen effektive Bewältigungsprozesse. Die Fähigkeit mit derartigen Misserfolgen effektiv und konstruktiv umzugehen wird mit Resilienz beschrieben. Kann das Risiko der Überforderung eines forschend-entdeckenden naturwissenschaftlichen Unterrichts durch Resilienzförderung reduziert werden? Ist Resilienz evtl. der Schlüssel zur Förderung mehrerer affektiv-motivationaler Faktoren im naturwissenschaftlichen Unterricht? Diese Fragen werden in einem Reallabor an einer Hamburger Stadtteilschule explorativ nachgegangen. Der Campus Kieler Straße (CKS) mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt hat sich im Sommer 2023 neugegründet. Natur und Technik (NuT) wird hier forschend entdeckend unterrichtet.

Eigenschaften des Natur und Technik (NuT) Unterrichts am CKS

Am CKS wird Natur und Technik fächerintegriert (gemeinsame Stunden) und -koordinierend (einer übergeordneten Fragestellung nachgehend) in zwei Unterrichtsarten unterrichtet. Im Werkstattunterricht werden wöchentlich in einer Zeitstunde allgemeine naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden (bspw. Verstehen von Sachtexten und Recherchieren) sowie verschiedene Arten des Experimentierens in einem verhältnismäßig traditionellen Setting gelehrt und gelernt. Der Kern des forschend-entdeckenden NuT-

Unterrichts stellt der Projekttag dar. An diesem wird dreimal im Schuljahr sechs Wochen am Stück in 5 Zeitstunden Natur und Technik projektbasiert unterrichtet, um den Lernenden das interessengeleitete Arbeiten an einer größeren Fragestellung zu ermöglichen. In der Projektzeit legen die Lernenden selbst Schwerpunkte, besuchen außerschulische Lernorte und wählen die Präsentation- bzw. Produktart des Projekts in Rücksprache selbst fest. Weitere Vorteile dieses Unterrichtssettings sind u. a. die Selbstdifferenzierung, die Handlungsorientierung, der konstruktivistische Lernansatz (z. B. Busch 2016, Labudde 2014, Merzyn 2013). Andererseits könnten das hohe Maß an Offenheit, die Konfrontation mit komplexen Problemen sowie die Förderung und Forderung eines breiten Kompetenzspektrums für Lernende überfordernde Herausforderungen darstellen und so zu einer Abneigung gegenüber Naturwissenschaften führen. Insbesondere Lernende mit einem geringen *science capital* könnten aufgrund eines geringen Fähigkeitsselbstkonzept und bisher wenigen Selbstwirksamkeitserfahrungen überfordert sein. Aber wie ist *science capital* definiert?

Science Capital Approach

Das *science capital* einer Person umfasst naturwissenschaftsbezogene Ressourcen, den Habitus sowie Einstellungen und Denkweisen bezogen auf Naturwissenschaften (Archer et al. 2015). Das Konzept greift demnach auf die Theorie von Bourdieu zum Kapital sowie Habitus zurück. *Science capital* umfasst das soziale sowie kulturelle Kapital und berücksichtigt darüber hinaus (naturwissenschaftliche) Verhalten- und Handlungsweisen. Das *science capital* von Lernenden wird in acht Dimensionen gruppiert (Archer et al. 2015):

- Scientific Literacy
- Scientific related attitudes, values und dispositions
- Knowledge about transferability of science
- Science media consumption
- Participation in out-of-school science learning contexts
- Family science skills, knowledge and qualifications
- Knowing People who work in science-related-roles
- Talking about science in everyday life

Die Dimensionen bieten eine Erklärungsgrundlage, warum Lernende affektive Zu- bzw. Abneigung zu Naturwissenschaften bzw. zum NuT-Unterricht erfahren. Insbesondere Lernende mit geringem *science capital* werden von einem stark an der wissenschaftlichen Fachdisziplin ausgerichteten Unterrichtsweise abgeschreckt (Archer et al. 2015). Zur Förderung sind deshalb Vorerfahrungen, Einstellungen und Interessen der Lernenden bezüglich Naturwissenschaften basierend auf den Dimensionen zu berücksichtigen. Für alle Lernenden sind differenzierte Angebote und Unterstützungsmöglichkeiten zu schaffen, sodass auch Lernende mit geringem *science capital* von Inhalten des NuT-Unterrichts angesprochen und an diesen gebunden werden. Hierfür werden bspw. außerschulische Lernorten aufgesucht und der Austausch mit Naturwissenschaftler:innen ermöglicht. Zudem sind Möglichkeiten zur Steigerung der Selbstwirksamkeit und Wertschätzung ein essenzieller Bestandteil, um das *science capital* auszubauen. Allerdings birgt auch dieser Ansatz wie der forschend-entdeckende Unterricht Risiken bezüglich der Überforderung, was zu einer affektiven Abneigung führen kann.

Resilienzförderung

Die beschriebenen Herausforderungen eines forschend-entdeckenden, offenen und problemorientierten NuT-Unterrichts überfordern Lernende potenziell – insbesondere solche

mit geringem *science capital*. Um trotzdem effektiv mit diesen Herausforderungen und ggf. auch temporären Misserfolgen im Lernprozess umgehen zu können, bedarf es ein ausgeprägtes Maß an Resilienz auf Seiten der Lernenden. Allgemein wird Resilienz als physische Widerstandsfähigkeit gegenüber biologischen, psychologischen und psychosozialen Entwicklungsrisiken beschrieben (Wustmann Seiler & Fthenaiks 2013). Aufgrund von verschiedenen Vulnerabilitäts- und Schutzfaktoren (Familie, Peers, soziales Umfeld, sozio-ökonomische Stellung, *science capital*) weist eine Person vorbestimmte Ressourcen auf, um Herausforderungen zu bewältigen. Hinzu kommen personelle Ressourcen (kognitive Fähigkeiten, emotionale Stabilität, soziale Kompetenz, Gesundheitsressourcen und Motivation), die zur Bewältigung aktiv eingesetzt werden müssen. Zur Unterstützung und zur weiteren Ausbildung dieser Ressourcen ist Resilienzförderung im Unterricht einzubringen.

Die Resilienzförderung lässt sich in sechs Schlüsseldimensionen aufteilen: Aufbau eines sozialen Netzwerks, Ausbildung von Lösungsorientierung, Optimismus, Training in Eigen- & Fremdwahrnehmung, Schaffung von Möglichkeiten der Selbstwirksamkeitserfahrung und Aufbau von Coping-Strategien. Diese sechs Schlüsseldimensionen werden im Rahmen des Projekttages durch verschiedene Erarbeitungs- und Trainingsphasen aufgebaut, damit die Lernenden für die Herausforderungen des forschend-entdeckenden Unterrichts gewappnet sind. Hierbei erarbeiten sich die Lernenden zusätzlich ein Bewusstsein über ihre Stärken und Schwächen, schon bewältigten Herausforderungen und arbeiten an dem Umgang mit ihren Emotionen.

Reallabor

Am neu gegründeten CKS wird NuT forschend-entdeckend und problemorientiert unterrichtet. Um Lernende im Umgang mit den damit verbundenen Herausforderungen zu unterstützen, werden Resilienzförderung und Grundsätze des *science capital* Ansatzes eingebracht. Die zunächst rein anekdotische Evidenz zeigt, dass besonders Lernende mit geringem *science capital* auf die Resilienzförderung positiv reagieren. Insgesamt ist ein überdurchschnittliches Interesse an dem Unterricht und den Forschungsprojekten zu beobachten.

In einem ersten Schritt wird erarbeitet, ob sich Resilienz durch gezielte Förderungen der sechs Dimensionen in einem projektartigen NuT-Unterricht fördern lässt. Hierzu wird auf ein bestehendes Instrument aus der klinischen Psychologie zurückgegriffen, um die Resilienz zu erheben. Weiter wird das ins deutsche übersetze Instrument zur Messung des *science capital* erprobt und auf Anwendbarkeit überprüft. Mithilfe der Ergebnisse beider Instrumente werden mögliche Abhängigkeiten, Bedingungen oder Korrelationen exploriert.

Literatur

Archer, L., Dawson E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015): 'Science capital': a conceptual, methodological, and empirical argument for extending Bourdieusian notions of capital beyond the arts. Journal of Research in Science Teaching 52 (7), S. 922-948.

Busch, M. (2016): Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Kompetenzförderung, Interessenentwicklung, Wahlmotive und Lehrerperspektive. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität.

Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. Psychologie in Erzie- hung und Unterricht, 44, 185–201.

Labudde, P. (2014): Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. ZfDN, 20 (1), S. 11-19.

Merzym, G. (2008). Naturwissenscahften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Merzyn, G. (2013): Fachsystematischer Unterricht – Eine umstrittene Konzeption. MNU, 66 (5), S. 265-269.

Sven Levetzow[1]
Heidi Reinholz[1]

[1]Universität Rostock

Planung von Experimenten für den Physikunterricht – Eine Bestandsanalyse

Einleitung

Die Ausbildung von Lehramtsstudierenden hat die Entwicklung der professionellen Kompetenz als Lehrkraft zum Ziel. Dabei gilt die Planung von Unterricht als eine der zentralsten Aufgabe von Lehrkräften (Riese, Vogelsang, Schröder, Borowski, Kulgemeyer, Reinhold & Schecker, 2022; Gemeinsame Erklärung des Präsidenten der KMK und der Vorsitzenden der Bildungs- und Lehrergewerkschaften sowie ihrer Spitzenorganisationen Deutscher Gewerkschaftsbund DGB und DBB -Beamtenbund und Tarifunion, 2000). Sie muss im Rahmen der Ausbildung eingeführt, erprobt und reflektiert werden. Für Lehramtsstudierende in der ersten und zweiten Ausbildungsphase ist die Planung und Durchführung von Experimenten dabei unerlässlich, da es „eine grundlegende Erkenntnisquelle“ (Kircher, Girwirdz & Fischer, 2020) für den Unterricht darstellt. Dieser Bedeutung des Experimentes und der Notwendigkeit, dieses in Planungsgesprächen umfangreich zu diskutieren, müssen sich ebenfalls Mentorinnen und Mentoren bewusst sein, da ihnen eine Schlüsselrolle bei der Professionalisierung angehender Lehrkräfte zugesprochen wird (Gröschner & Häusler, 2014; Hascher, 2014). Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Betreuung und Beratung angehender Lehrkräfte, im folgenden Mentees genannt, bei der Planung von Experimenten für den Physikunterricht.

Es gibt vielfältige Materialien und Anregungen, die hier nur exemplarisch und für die vorliegende Untersuchung relevanzbezogen angerissen werden. Reintjes, Bellenberg & Im Brahm (2018) heben insbesondere drei Aspekte hervor, die im Rahmen der Lehramtsausbildung enthalten sein müssen: (a) aktives Handeln der Studierenden zur Erprobung der Grundformen pädagogischen Handelns; (b) Aufbau von Fallwissen in Form von Aktivitätsszenarien und (c) Erwerb reflexiver Fähigkeiten durch kritisch-analytische Begegnung von Schulerfahrungen unter Einbeziehung didaktischer Theorien. Im Zuge der Betreuung von Mentees sind diese Aspekte unter Beachtung psychologischer Lernmodelle und Formen der Gesprächsführung adressatengerecht zu gestalten. Kircher, Girwidz & Fischer (2020) diskutieren die Bedeutung und die möglichen Funktionen des Experimentes im Schulunterricht. Sie geben Richtlinien zur Durchführung von Experimenten in der Unterrichtspraxis, die aus physikdidaktischer Sicht bei der Beratung von Mentees dienen können. Weiterhin beschreiben Goertz, Klein, Riese & Heinke (2019), Gut-Glanzmann & Mayer (2018) oder auch Nawrath, Maiseyenka & Schecker (2011) das Experiment als wissenschaftliche Arbeitsweise und formulieren Kompetenzmodelle für das Experimentieren im Physikunterricht. Für die Betreuung und Beratung der Mentees entwickelten Böhmann & Schäfer-Munro (2008) sowie Schlegel (2019) physikspezifische Materialien, die bei der Beobachtung und Reflexion von Unterricht unterstützen.

Für die Betreuung der Mentees stellten Seiler & Tepner (2019) fest, dass „alleinige Instruktion wichtiger Kriterien zur Planung von Experimentierprozessen aus Sicht der Studierenden nicht ausreichend ist, um diese beim Planungsprozess zu unterstützen.“ Erfahrene Lehrkräfte müssen daher nicht nur über eine hohe Handlungskompetenz verfügen, um ihren eigenen Unterricht gestalten zu können, sondern auch die Performanz besitzen, Mentees in ihrer Ausbildung anzuleiten. Ziel dieser Untersuchung ist daher die Betreuung und Beratung der Mentees in Bezug auf die Planung von Experimenten zu beschreiben und die Entwicklung des Professionswissens und der Planungsperformanz zu analysieren. Aus diesen Erkenntnissen sollen Empfehlungen für die Gestaltung entsprechender Lerngelegenheiten abgeleitet werden.

Forschungsfragen und Studiendesign

Zur Beschreibung der bisherigen, intuitiv geführten Mentoringgespräche folgt die Untersuchung den Fragen, (a) wie die Gespräche zur Planung von Experimenten ablaufen, (b) welche Aspekte des Professionswissens dabei adressiert werden und (c) inwieweit Planungsmaterialien auf notwendige Schwerpunktsetzungen beim Mentoring hinweisen. Zur Beantwortung dieser Fragen dient das Seminar *Schulrelevante Experimente:* Mentees des fünften Semesters führen Experimente durch und diskutieren diese unter fachdidaktisch-methodischen Gesichtspunkten. Mittels dreier Erhebungsmethoden erfolgt die qualitative Beschreibung und Analyse der Planungsperformanz der Teilnehmenden in dem Seminar (vgl. Abb. 1), der Mentees.

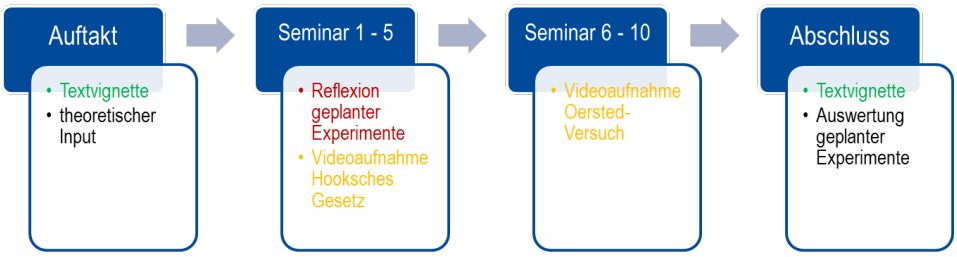


Abbildung 1: Ablauf des Seminars Schulrelevante Experimente

Um die Performanzentwicklung der Mentees zu beschreiben, bearbeiten sie als Pre-Post-Test eine Textvignette. In dieser ist eine Unterrichtseinheit sowie eine dazugehörige Unterrichtsstunde geschildert, in der ein Experiment durchgeführt werden soll. Aufgabengeleitet ist die Planung durchzuführen und alle bewusst wahrgenommenen Planungsgedanken sind zu notieren. Dabei wenden die Mentees gemäß ihrem aktuellen Stand ihr Professionswissen an. Auf Grundlage der mit einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) identifizierten Aspekte können Aussagen hinsichtlich der Entwicklung des Professionswissens und der Performanz der Mentees abgeleitet werden.

Während der Seminare führen die Mentor:innen Gespräche mit den Mentees zu den verschiedenen Experimenten. Die dabei videografierten Gespräche zum Hookschen Gesetz und dem Oersted-Versuch sollen inhaltlich mit der Event-Sampling-Methode (Schmidt-Atzert, Krumm, Amelang & Zielinski, 2021) hinsichtlich der besprochenen Aspekte zur Planung und Durchführung von Experimenten (Kircher, Girwirdz & Fischer, 2020) sowie hinsichtlich der methodischen Gestaltung analysiert werden. Diese Auswertung ist noch in Arbeit.

Die Mentees erstellen eigene Planungsmaterialien für ein selbst gewähltes Experiment. Die Reflexion der geplanten Experimente durch die Mentees erfolgt mit Hilfe des Facettenmodells experimenteller Teilkompetenzen (Nawrath, Maiseyenka & Schecker, 2011). Die Mentees erhalten dazu Feedback von den Mentor:innen. Die gewonnenen Daten werden mittels einer hierarchischen Clusteranalyse nach Ward (Bacher, Pöge & Wenzing, 2010) ausgewertet und zu planungsrelevanten Parametern in Beziehung gesetzt, um so notwendigen Förderbedarf abzuleiten.

Erste Ergebnisse

Die Analyse der bisherigen Ergebnisse zeigt, dass die Mentees in allen Aspekten des Professionswissens einer weiteren Förderung bedürfen. Die Erklärung des Experimentes im Rahmen der Textvignette wies häufig Defizite auf und konnte trotz der Einordnung in die Klassenstufe und die Unterrichtsreihe nicht ausreichend didaktisch reduziert werden. Die Mentees fokussierten auf quantitative Planungsaspekte, indem sie die Anzahl der Schülerschaft und die Materialien hinterfragten. Methodische Aspekte, wie Positionierung und Gestaltung des Experiments im Raum sowie Visualisierung für die Schüler:innen, wurden in der Planung wenig

thematisiert. Weiterhin deutet sich an, dass die Mentees nicht alle Entscheidungen bei der Planung bewusst wahrnehmen, sodass mögliche Stolpersteine bei der unterrichtlichen Durchführung nicht benannt wurden.

Die Auswertung der Reflexionen der geplanten Experimente zeigte zwei prototypische Arten von Experimenten (vgl. Abb. 2), die dem Demonstrationsexperiment (DE, gelbes Cluster, N=87) und dem Schülerexperiment (SE, blaues Cluster, N=73) zugeordnet werden können. In beiden Clustern wird insbesondere die Förderung der Teilkompetenzen „Fragestellung entwickeln“ sowie „Experiment planen“ wenig berücksichtigt. Die bei der hierarchischen Analyse entstehenden Subcluster (Abb. 3) differenzieren die prototypischen Cluster und deuten verschiedene Beratungsschwerpunkte hinsichtlich der experimentellen Teilkompetenzen an. Weiterhin können Beziehungen zu planungsrelevanten Parametern, wie dem physikalischen Stoffgebiet, der Klassenstufe oder den angegebenen Funktionen der geplanten Experimente, hergestellt werden.

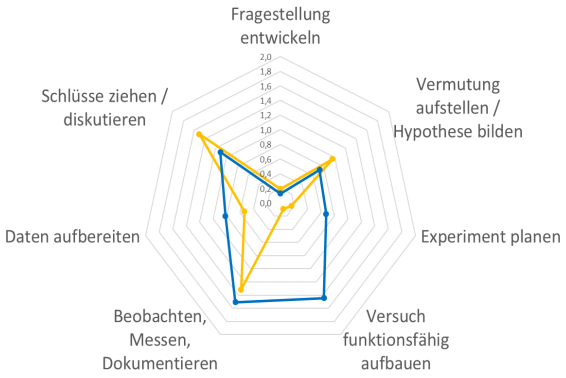


Abbildung 2: Analyse der Reflexion der geplanten Experimente mit Hilfe des Facettenmodells experimenteller Teilkompetenzen in einer 2-Cluster-Lösung

Subcluster	Durchführungsform				
	n. a.	DE	SE	SE, DE	Gesamt
1	2	53	17	1	73
2	0	1	18	1	20
3	1	3	20	1	25
4	3	3	34	2	42
Gesamt	6	60	89	5	160

Abbildung 3: Kreuztabelle Subcluster und Durchführungsform der 4-Cluster-Lösung zur tiefergehenden Beschreibung der Cluster

Zusammenfassend lässt sich bereits jetzt konstatieren, dass bei der Betreuung und Beratung von Studierenden unterschiedliche Experimente fachlich, fachdidaktisch und methodisch zu thematisieren sind und der Planungsprozess stetig wiederholt und reflektiert werden muss. Entsprechende Lerngelegenheiten sollten daher die Planung verschiedener unterrichtlicher Einsatzmöglichkeiten von Experimenten unter der Vorgabe der Förderung verschiedener experimenteller Teilkompetenzen beinhalten. Zur Entwicklung einer Qualifizierungsveranstaltung für Mentor:innen ist die Erweiterung der Gruppe der Mentees auf Referendar:innen und die Untersuchung der Lehrkräfte als Expert:innen für das Planen von Experimenten nötig. In diesem Zusammenhang weiterhin untersucht werden, inwieweit „Lehrer lehren, wie sie selbst unterrichtet wurden“ (Riese &Reinhold, 2012).

Literatur

Bacher, J., Pöge, A. & Wenzig, K. (2010). *Clusteranalys: Anwendungsorientierte Einführung in Klassifikationsverfahren*. Oldenburg Verlag.

Böhmann, M. & Schäfer-Munro, R. (2008). *Kursbuch Schulpraktikum: Unterrichtspraxis und didaktisches Grundwissen. Mit 28 Trainingsbausteinen, auch zum Download im Internet* (2., neu ausgestattete Aufl.). *Beltz Pädagogik*. Beltz Verlagsgruppe. http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1120349

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom" zur Förderung experimenteller Kompetenzen - Konzept und Einsatzbeispiele. *Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*.

Gröschner, A. & Häusler, J. (2014). Inwiefern sagen berufsbezogene Erfahrungen und individuelle Einstellungen von Mentorinnen und Mentoren die Lernbegleitung von Lehramtsstudierenden im Praktikum voraus? In K.-H. Arnold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg.), *Schulpraktika in der Lehrerbildung: Theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte = Pedagogical field experiences in teacher education = theoretical foundations, programmes, processes, and effects.* Waxmann.

Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung.* Springer Berlin Heidelberg.

Hascher, T. (2014). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2., überarbeitete Auflage). Waxmann.

Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen*. Springer Berlin Heidelberg.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. https://www.beltz.de/fileadmin/beltz/leseproben/978-3-7799-6231-1.pdf

Gemeinsame Erklärung des Präsidenten der KMK und der Vorsitzenden der Bildungs- und Lehrergewerkschaften sowie ihrer Spitzenorganisationen Deutscher Gewerkschaftsbund DGB und DBB -Beamtenbund und Tarifunion (2000).

Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, *60*(6), 42–48.

Reintjes, C., Bellenberg, G. & Im Brahm, G. (Hrsg.). (2018). *Schulpraktische Studien und Professionalisierung: Band 3*. *Mentoring und Coaching als Beitrag zur Professionalisierung angehender Lehrpersonen*. Waxmann.

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 111–143. https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y

Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (2022). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(4), 843–867. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01112-0

Schlegel, C. M. (Hrsg.). (2019). *Lehrkräfte. Schulpraktika begleiten: Praxiserprobte Arbeitshilfen für Mentorinnen und Mentoren* (6. Auflage). Raabe.

Schmidt-Atzert, L., Krumm, S., Amelang, M. & Zielinski, W. (Hrsg.). (2021). *Lehrbuch*. *Psychologische Diagnostik* (6., vollständig überarbeitete Auflage). Springer.

Seiler, F. & Tepner, O. (2019). Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (Bd. 39, S. 858–861).

Anna Rüchel[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

360°-3D Videos in der Lehrkräftebildung

Lehramtsstudierende fordern und die SWK strebt nach mehr Praxisbezug in ihrer Lehrkräftebildung (Wagner et al., 2019; SWK, 2023). Neben verschiedenen Praktika in Schulen können Seminare mit integrierten Lernangeboten einen möglichen Ansatz liefern. In diesen können Studierende typische Alltagssituationen üben und so Erfahrungen sammeln. Der Einsatz von Videomaterial ist für die Entwicklung solcher Lernangebote besonders geeignet (van Es & Sherin, 2010; Krammer & Reusser, 2005; Scheidig, 2020). Standardsituationen aus dem Schulalltag einer Lehrperson können so aufgezeichnet und reproduziert werden. Das Wahrnehmen, Diagnostizieren und Bewerten von Situationen sind solche Standardsituationen und damit auch zentrale Bestandteile des professionellen Wissens von Lehrenden (Sorge et al., 2019; Schäfer & Seidel, 2015; Meschede, 2014; von Aufschnaiter et al., 2015). In dem Physikunterricht gehört das Experimentieren zu den Grundlagen der Erkenntnisgewinnung. Der Fokus der Bewertung lag bisher vor allem auf dem meist schriftlich angefertigten Endprodukt. Für eine umfassende Bewertung sollte jedoch der gesamte Experimentierprozess erfasst werden. Eine prozessbezogene Bewertung von Versuchssituationen besitzt zwar eine hohe Authentizität, ist jedoch sehr komplex und damit auch sehr zeitaufwendig (Heidrich, 2017). Lehrkräfte, die bereits über mehr Berufserfahrung verfügen, haben in der Regel auch ein größeres Professionswissen (von Aufschnaiter et al., 2015). Um diese Fähigkeiten weiterzuentwickeln, müssen Lehrkräfte in unterschiedliche Situationen versetzt werden, um daraus Routinen für sich bilden zu können. Die Herausforderung besteht daher darin, Lerngelegenheiten zu schaffen, um die Entwicklung von Wahrnehmungen in prozessorientierten Experimentiersituationen zu verbessern.

Wie bereits erwähnt können Videoaufnahmen von den Situationen als solche Lerngelegenheit dienen, da sie ein hohes Maß an Anschaulichkeit, Informationsdichte und Realismus bieten (van Es & Sherin, 2010; Krammer & Reusser, 2005; Scheidig, 2020). Darüber hinaus haben sie den Vorteil, dass sie zeitunabhängig sind (Scheidig, 2020). Zusätzlich zu der klassischen Variante, 2D-Videos aufzunehmen, gibt es mittlerweile auch die Möglichkeit von 360°-3D-Videos. Mit ihnen lassen sich immersive und besonders unterrichtsnahe Eindrücke erzeugen (Kosko et al., 2021; Ferdig & Kosko, 2020; Reyna, 2018). Im Gegensatz zu der klassischen 2D-Variante ist der Bildausschnitt nicht vorgegeben und der Fokus auf eine Situation kann frei gewählt werden. Der Einsatz der 360°-Technologie hat sich als besonders wirksam erwiesen, um die Wahrnehmung des Klassenklimas zu verbessern (Kosko et al., 2021). Unklar bleibt, inwieweit sich diese Freiheit auswirkt, wenn die Handlungen der einzelnen Schüler genau beobachtet werden. Die stark immersive Erfahrung einer Situation ist ein großer Vorteil eines 360°-3D- Videos und bringt gleichzeitig große Herausforderungen mit sich. Die große Anzahl von Möglichkeiten, den Fokuspunkt zu setzen, kann den Nutzer schnell kognitiv überfordern (Draghina et al., 2022). Es ist noch nicht klar, ob die Vorteile für die weitere

Entwicklung der Wahrnehmung und Beurteilung von experimentellen Situationen die Nachteile überwiegen.

Hier setzt die vorliegende Studie an, indem sie betrachtet, inwieweit 360°-3D-Videos und die damit verbundene immersive Erfahrung von Situationen einen Einfluss auf die Diagnostik und Bewertung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte haben. Untersucht werden drei Hauptfragen:

[Q1]: Inwieweit beeinflusst die Art der Präsentation (2D oder 360°-3D) die Diagnose und Bewertung der Versuchssituationen durch die Teilnehmer?
[Q2]: Inwieweit hat die Art der Präsentation der Lernsituation einen Einfluss auf den Transfer auf die andere Präsentationsart?
[Q3]: Inwieweit beeinflusst die Berufserfahrung die Diagnose und Bewertung der experimentellen Situationen bei der Anwendung von 360°-3D-Situationen?

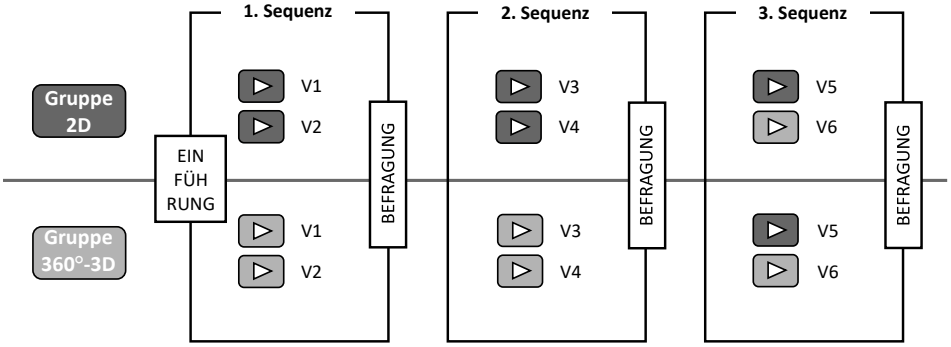


Abb. 1: Überblick über den Prozess der Datenerhebung

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde das in Abbildung 1 dargestellte Design für den Prozess der Datenerhebung entwickelt. Die Teilnehmenden werden nach einer Einführung in das prozessbezogene Bewerten im Verlauf von acht Wochen, sechs Videos von den Experimentiersituationen sehen. Die Videoreihe wird dabei in drei Sequenzen eingeteilt. Dabei wird die eine Hälfte der Stichprobe die Videos in 2D sehen und die andere in 360°-3D (Q1). Nach jedem Video werden die Teilnehmenden die Experimentierenden bewerten. Für die letzten beiden Videos der Reihe wird für beide Gruppen die gleiche Darstellungsart der Videos verwendet. Das hilft zum einen den Vergleich der Darstellungsarten klarer herauszustellen, als auch den Transfer zwischen den Darstellungsarten zu untersuchen (Q2). Nach jeder Sequenz wird eine Befragung zu dem Cognitive Load und der Usability der Darstellungsform mit den Teilnehmenden durchgeführt. Die Stichprobe, wie in Abbildung 2 dargestellt, setzt sich aus angehenden Lehrkräften, Referendaren und aktiven Lehrkräften zusammen (Q3). Insgesamt werden N=180 Probanden an der Studie teilnehmen, um eine mittlere Effektgröße zu erhalten. Sie werden auf die beiden Displaytypen (2D und 360°-3D) aufgeteilt, und die Personengruppen sollten durch die gleiche Anzahl von Teilnehmern

repräsentiert werden (siehe Abbildung 2). Daraus ergeben sich sechs Gruppen mit N=30. Die Teilnehmer werden nach dem Zufallsprinzip den beiden Darstellungsarten zugewiesen.

Expertise / Medium	Studierende	Referendar *innen	Lehrkräfte
2D	30	30	30
360°-3D	30	30	30

Abb. 2: Verteilung der Teilnehmenden

Der erste Schritt für die Umsetzung der Studie ist die Erstellung von hochwertigem Videomaterial. Es gibt große Datenbanken von bereits gefilmtem Unterricht. Leider werden entweder keine Experimentiersituationen gezeigt oder sie wurden bisher nicht in 360°-3D aufgenommen. Das bringt die Herausforderung und gleichzeitig auch die Möglichkeit neue hochwertige Videoaufnahmen zu erstellen. In den Videos wird immer eine andere Experimentiersituation zu sehen sein. Diese werden gleichzeitig in 2D und 360°-3D aufgezeichnet, sodass sich die Videos nur in ihrer Darstellungsweise unterscheiden und hohe Vergleichbarkeit besitzen. Die Videos werden geskriptet, um zu gewährleisten, dass die zu beobachtenden Aspekte in den Videos enthalten sind. Diese Aspekte wurden theoretisch entwickelt (Schreiber 2012, Schwichow et al. 2015, Kircher/Girwidz 2020, Girwidz 2020, KMK 2019) und anschließend systematisch in die Videos eingebaut. Ausgangspunkt dafür war ein „Best Practice"-Beispiel. In dieser Rolle werden alle Kriterien und Handlungen optimal ausgeführt. Darauf aufbauend wird das Skript für weitere Rollen überarbeitet und bestimmte positive Aspekte werden mit negativen ausgetauscht. Auf diese Weise kann genau festgelegt werden, wo die Schwerpunkte in den einzelnen Rollen der Schüller*innen liegen. In einem One-Shot-Video werden Experimentiersituationen mit 3-4 Schüler*innen zu sehen sein, wobei alle Schüler*innen das gleiche Experiment bearbeiten.

Literatur

Aufschnaiter, C. V., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. Zeitschrift für Pädagogik, 61(5), 738-758.

Draghina, M., Vettermann, L., Geier, C., Fahrner, U., Strehl, B., & Bihler, T. (2022). Forschendes Sehen und Immersionspotentiale-Angereicherte 360-Grad Videos in der Aus-und Fortbildung von Lehrkräften.

Ferdig, R. E., & Kosko, K. W. (2020). Implementing 360 video to increase immersion, perceptual capacity, and teacher noticing. TechTrends, 64(6), 849-859.

Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext: Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik.

Kosko, K., Weston, T., & Amador, J. (2021). 360 Video as an Immersive Representation of Practice: Interactions between Reported Benefits and Teacher Noticing. Mathematics Teacher Education and Development, 23(4), 162-181.

Krammer, K., & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus-und Weiterbildung von Lehrpersonen. Zeitschrift: Beiträge zur Lehrerbildung, 23(1), 35-50.

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Logos-Verlag.

Reyna, J. (2018). The potential of 360-degree videos for teaching, learning and research. In INTED2018 proceedings (pp. 1448-1454). IATED.

Schäfer, S., & Seidel, T. (2015). Noticing and reasoning of teaching and learning components by pre-service teachers. Journal for educational research online, 7(2), 34-58.

Scheidig, F. (2020). Unterrichtsvideos. Neue Szenarien digitaler Praxisbezüge. Zeitschrift für lehrerInnenbildung jlb, 20(1), 28-41. https://doi.org/10.35468/jlb-01-2020_02

Sorge, S., Stender, A., & Neumann, K. (2019). The development of science teachers' professional competence. Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science, 151-166.

Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (2023). Empfehlungen zum Umgang mit dem akuten Lehrkräftemangel. Stellungnahme der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)

van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2010). The influence of video clubs on teachers' thinking and practice. Journal of mathematics teacher Education, 13, 155-176.

Wagener, U., Reimer, M., Lüschen, I., Schlesier, J., & Moschner, B. (2019). „Krass auf das Lehramt bezogen "–Lehramtsstudierende wünschen sich mehr Kohärenz in ihrem Studium

Thomas Benedikt Steinmetz[1,2]
Christian Kreiter[1]
Thomas Klinger[1]
Ingrid Krumphals[2]

[1]FH Kärnten - gGmbH
[2]Pädagogische Hochschule Steiermark

Dioden-Kennlinien-Remote-Labor für Schule und Studium

Einleitung

Dioden und speziell Light Emitting Diodes (LEDs) sind elektrische Bauteile, welche aus unserem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind. Egal ob in Schaltern, Transistoren, Bildschirmen und Displays oder Beleuchtung jeglicher Art, diese Halbleitertechnik ist in der Technik stark vertreten. Vorteile bestehen darin, dass für den Betrieb des Bauteils wenig Energie benötigt wird und die Herstellung in kleinen Dimensionen gelingt. Vor allem die LED ist durch ihre Varietät an Einsatzbereichen eine große Bereicherung in der Unterhaltungstechnik, Industrie und auch der Forschung. So sollte die Halbleitertechnik auch immer mehr Einzug in Schule und Unterricht erhalten. Da das Thema der LEDs noch nicht so lange im Unterricht behandelt wird, gibt es auch noch keine konkreten empirisch belegten Lernendenvorstellungen dazu. Im Allgemeinen können jedoch einige Schülervorstellungen aus der Elektrizitätslehre und über das Licht (Schecker et al. 2018) als Basis herangezogen werden.

Um dies zu realisieren, ist es notwendig geeignete Versuche und Darstellungsarten dieser Technik zu finden bzw. zur Verfügung zu stellen. Das Dioden-Kennlinien-Remote-Labor, welches im Zuge des Projekts OnLabEdu (Online-Labore für naturwissenschaftliche Aus- und Weiterbildung) - ein Kooperationsprojekt der FH Kärnten und der PH Steiermark, gefördert durch die FFG und der Innovationsstiftung für Bildung - entwickelt wurde, stellt eine solche Ressource dar. In diesem Fall ist der Einsatz eines Remote-Labors besonders sinnvoll, da es sich um keinen trivialen Versuchsaufbau handelt. Die direkte Umsetzung im Unterricht bedürfte bereits fortgeschrittener Kompetenzen der Lernenden hinsichtlich Feinmotorik und Elektrotechnik. Mit dem Remote-Labor kann der Zugang zu diesem Thema erleichtert werden.

Konkret geschieht der Zugriff auf das Labor mittels eines herkömmlichen Internetbrowsers und die grafische Darstellung des Sachverhaltes macht es den Anwender:innen möglich die Kennlinie (ein Graph, welcher Spannung und Stromstärke gegenüberstellt und das Verhältnis abbildet) eines solchen technischen Bauteils zu beobachten und zu interpretieren. Wesentlicher Punkt für den Einzug in den Unterricht können u.a. auch entsprechende Unterrichtsmaterialien sein. So werden im Projekt empirisch gestützte Materialien zum konkreten Einsatz des Labors entwickelt. Die Entwicklung einer ersten Lernumgebung wird im Folgenden beschrieben.

Theoretische Vorarbeiten und inhaltlicher Ausgangspunkt

Begleitendes Lehr- und Lernmaterial ist für die fachlich und fachdidaktisch gerechte Implementierung in den Unterricht von großem Nutzen. Dahingehend wurde im Rahmen des Projekts OnLabEdu ein Lernarrangement zu dem Dioden-Kennlinien-Remote-Labor auf Basis des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) und vor dem Hintergrund des Design-Based Research (Barab & Squire, 2004, Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020)

zum Thema LEDs in der Sekundarstufe II konzipiert. Diese Unterrichtsmaterialien sollen erste Ideen zum breiten Einsatz des Labors geben und die Verwendung im Unterricht erleichtern.

Das hier vorgestellte Lernarrangement befindet sich bereits im zweiten Entwicklungszyklus (Details zum Lernarrangement und zu Zyklus 1 siehe: Krumphals et al., 2023). Die Materialien enthalten eine Zusammenfassung mit dem nötigen Vorwissen, um die anschließenden Aufgaben bewältigen zu können.

Kern der Aufgabenstellungen sind grundsätzlich die Messungen, durch welche man die Durchlassspannung der verschiedenen Halbleitermaterialien mit den jeweiligen Kennlinien fassbar machen kann. Wenn ein gewisses Energielevel bzw. Spannungslevel erreicht wird, dann fängt das ursprünglich nichtleitende Material an zu leiten und dieser Punkt heißt Durchlassspannung. Dies zeichnet sich durch einen starken Anstieg in der Kennlinie ab (siehe Abb. 1). Man kann dadurch einen Zusammenhang zwischen den Begriffen der Energie, der Durchlassspannung und dem emittierten Licht erkennen. Das umfasst auch die Kernlernziele des Lernarrangements.

Ein weiteres Ziel des Projekts OnLabEdu ist es, die Remote-Labore sowohl für Schule als auch für den tertiären Bildungsbereich zur Verfügung zu stellen. So stellte sich die Frage, inwiefern das entwickelte Lernarrangement auch für Studierende angepasst werden kann.

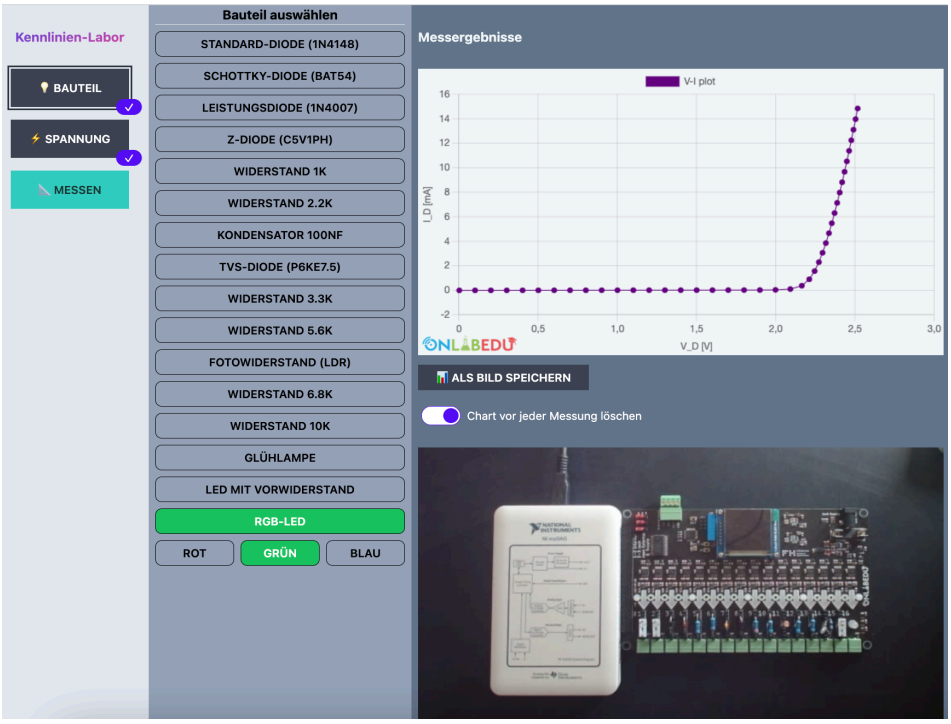


Abb. 1 Interface des Dioden-Kennlinien-Remote-Labors (CC BY OnLabEdu)

Ziele und Befragungsdesign

Das Lernarrangement wurde nun mit insgesamt neun Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992; Wiener et al., 2018) erprobt. Die Stichprobe stellt sich aus je drei Lernenden aus den Bereichen der Sekundarstufe II, aus dem Physik-Lehramtsstudium und aus einem fachfremden

Lehramtsstudium zusammen. Grund dafür ist das bereits oben benannte Interesse an der Breite der Einsetzbarkeit dieses Labors in Bezug auf das Ausbildungsniveaus im Bereich der Physik.

Übergeordnetes Ziel dieser Akzeptanzbefragungen und Entwicklung dieses Lernarrangements liegt in der Identifikation von inhaltlichen Lernbarrieren zum Thema der LEDs. Die Testpersonen durften anhand des Arbeitsmaterials, das in Abb. 1 dargestellte Labor völlig frei benutzen. Konkret mussten die Proband:innen Kurven von drei LEDs messen (rot, grün blau).

Im Wesentlichen ging es darum, herauszufinden, dass die Kurven der LEDs unterschiedliche Durchlassspannungen aufweisen, was wiederum mit der Energie des jeweils emittierten sichtbaren Lichts und damit mit dessen Wellenlänge bzw. Frequenz zu tun hat.

Ausgewählte Ergebnisse

Im Laufe der Akzeptanzbefragungen stellte sich heraus, dass wenn Lernbarrieren vorhanden sind, diese nicht vom Ausbildungsgrad abhängen. Schüler:innen sowie Lehramtsstudierende haben ähnliche inhaltliche Probleme beim Bearbeiten der Aufgabenstellungen und beim Umgang mit dem Labor. Die Verknüpfung der Konzepte Energie, Durchlassspannung und emittiertes Licht fallen schwer. Zudem ist die Einstellung des geeigneten Spannungsmessbereichs eine große Hürde. Die adäquate Verwendung von naturwissenschaftlichen Begriffen scheint eine Herausforderung zu sein. So kommt es häufig zu Verwechslungen von Begriffen und teilweise werden Einheiten durcheinandergebracht. Vor allem aber werden im Rahmen dieser Aufgabenstellung neu gelernte Begriffe immer wieder falsch verwendet.

Ein Unterschied zwischen Lernenden mit tertiärem physikalischen Hintergrund und jenen ohne einer solchen Ausbildung ist das Formulieren von Hypothesen und der Umgang mit der Fachsprache. Es gelingt Physiklehramtsstudierenden deutlich besser als den anderen Proband:innen. Dies liegt vermutlich am allgemein tiefergehenden physikalischen Wissen und der Vertrautheit gegenüber physikalischer Aufgabenstellungen. Auch die Aufgabe, eine Hypothese zu formulieren, zu überprüfen und erworbenes Wissen in eigenen Worten zu formulieren, ist eine gängige Herangehensweise an Aufgaben in den Naturwissenschaften oder bei Laborübungen im Studium.

Nachdem bei den Akzeptanzbefragungen etwaige Schwierigkeiten mit den Einstellungen eines adäquaten Spannungsbereichs beseitigt wurden und die Befragten mit den gewünschten Kennlinien ihre Hypothese überprüfen konnten, ist allgemein eine Verbesserung des fachlichen Sprachgebrauchs merkbar. Zudem können die Befragten großteils die gefragten Begriffe richtig erklären.

Ausblick

Die Akzeptanzbefragungen zeigen die Einsetzbarkeit des Lernarrangements sowohl auf Sekundarstufenebene als auch auf tertiärer Ebene. Dennoch gilt es in weiteren Überarbeitungszyklen entsprechende Unterstützungselemente zu geben, damit die Lernbarrieren (auf allen Ebenen) besser überwunden werden können.

Literatur

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3–18.

Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. Journal of the Learning Sciences, 13(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research, 16(2). https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152

Krumphals, I., Steinmetz, T. B., Kreiter, C. & Klinger, T. (2023). The Development of a Learning Arrangement in a Characteristic Curve Remote Laboratory. In D. Guralnick, M. E. Auer & A. Poce (Hrsg.), Creative approaches to technology-enhanced learning for the workplace and higher education: Proceedings of 'The Learning Ideas Conference' 2023 (Bd. 767, S. 315–323). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41637-8_25

Schecker, Horst; Wilhelm, Thomas; Hopf, Martin; Duit, Reinders (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Wiener, G. J., Schmeling, S. M. & Hopf, M. (2018). The technique of probing acceptance as a tool for teachers' professional development: A PCK study. Journal of Research in Science Teaching, 55(6), 849–875. https://doi.org/10.1002/tea.21442

Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigation learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen (S. 278–295). IPN.

Carolin Eitemüller[1]
Stefan Rumann[1]
Vanessa Fischer[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Unterstützen elektronische Laborjournale das Protokollieren im Fach Chemie?

Theoretischer Hintergrund

Das Protokollieren und Dokumentieren von Experimenten ist nicht zuletzt im Fach Chemie in den Kernlehrplänen aller Schulformen fest verankert und dient vor allem der Förderung der Kompetenzbereiche Kommunikation und Erkenntnisgewinnung (z. B. Ministerium für Schule und Bildung NRW, 2019). In der fachdidaktischen Literatur ist jedoch seit Langem bekannt, dass Schüler/-innen diverse Defizite beim Protokollieren von Versuchen haben (z. B. Groß, 2013), sodass es das Ziel von Lehrpersonen sein sollte, die Kompetenzen beim Protokollieren gezielt zu fördern. Damit dies gelingen kann, müssen (angehende) Lehrpersonen jedoch selbst über entsprechende Kompetenzen verfügen, „um verlässliche Vorbilder (`Modelschreiber`) für ihre SchülerInnen [zu sein], die […] Förderbedarfe bei SchülerInnen frühzeitig erkennen und geeignete Fördermaßnahmen ergreifen können“ (Scholten-Akoun & Bauer, 2012, S. 208). Bisherige Studien deuten allerdings drauf hin, dass Chemie-Lehramtsstudierende selbst große Schwierigkeiten beim Verfassen von Versuchsprotokollen haben. In einer Studie von Bayrak (2020) gelingt es beispielsweise vergleichsweise wenigen Studierenden ein Protokoll ohne offensichtliche inhaltliche Fehler anzufertigen oder eine sachgerechte Auswertung der Ergebnisse vorzunehmen. Herausfordernd gestaltet sich für die Studierenden zudem die Trennung von verschiedenen Gliederungspunkten, wie z. B. der Beobachtung und der Versuchsdurchführung oder der Beobachtung und der Deutung (Bayrak, 2020; Rautenstrauch, 2017). Die Verschriftlichung der Beobachtungen und die korrekte Verwendung der Fachsprache stellt für viele Studierende ebenfalls eine Hürde dar (Bayrak, 2020; Rautenstrauch, 2017), da Experimente bereits durchgeführt sind und die Abfolge der Beobachtungen ggf. nicht mehr hinreichend präsent ist. Ferner müssen die Beobachtungen beim Protokollieren mit eigenen Worten umschrieben werden, was eine Übersetzungsleistung erfordert.

Vor dieser Ausgangslage stellt ein elektronisches Laborjournal (z. B. eLabFTW, Google Docs, etc.) eine vielversprechende Möglichkeit dar, um den beschriebenen Schwierigkeiten beim Protokollieren zu begegnen. Gegenüber der traditionellen papierbasierten Dokumentation von Versuchen bietet ein elektronisches Laborjournale den Mehrwert, dass z. B. Beobachtungen zusätzlich durch Fotos, Videos oder Audiodateien in das Protokoll eingebunden werden können. Zentrale Phänomene können dadurch wiederholt betrachtet und Beobachtungen präzisiert und veranschaulicht werden. Darüber hinaus ermöglicht eine individuelle Zugriffskontrolle die kollaborative Zusammenarbeit, wodurch Ergebnisse von verschiedenen Gruppen in einem Dokument zusammengeführt werden können. Ebenfalls können Hilfestellungen, wie z. B. in Form von weiterführenden Links zur Erstellung der Auswertung, digital zur Verfügung gestellt werden (Russek & Sommer, 2020). Bisher werden elektronische Laborjournale aber überwiegend in der Fachwissenschaft eingesetzt und finden in der Lehramtsausbildung selten Verwendung. Aus Studien zum Einsatz von elektronischen Laborjournalen ist bekannt, dass Studierende digitale Laborbücher den traditionellen Notizbüchern aus Papier vorziehen (Van Dyke & Smith-Carpenter, 2017; Weibel, 2016) und die Nutzung für die Dokumentation von Versuchen und die Erstellung von Berichten als

hilfreich empfinden (Bromfield-Lee, 2018). Ungeklärt ist bisher, inwiefern der Einsatz von elektronischen Laborjournalen die Dokumentation von Versuchen tatsächlich unterstützt und die Protokolle fachinhaltlich wie fachsprachlich verbessert. Neben den bereits bekannten Herausforderungen beim Einsatz eines elektronischen Laborjournals, wie z. B. einem zuverlässigen Internetzugang und angemessener Hardware (Badiola et al., 2015; Kanza et al., 2017), ist insbesondere bei der Nutzung durch Lehramtsstudierende ferner zu berücksichtigen, dass diese im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien haben (Vogelsang et al., 2018).

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Projekts ist es daher, exemplarisch Einsatzmöglichkeiten für ein elektronisches Laborjournal in einem fachdidaktischen Laborpraktikum für Chemie-Lehramtsstudierende zu erproben und zu evaluieren, mit denen den beschriebenen Schwierigkeiten seitens der Studierenden beim Protokollieren begegnet werden kann. Dabei sollen insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

FF1 Über welche fachsprachliche und fachinhaltliche Qualität verfügen die durch ein elektronisches Laborjournal erstellten Dokumente?

FF2 Wie geeignet empfinden die Studierenden ein elektronisches Laborjournal für die Dokumentation von klassischen Schulversuchen?

FF3 Inwiefern können durch die Nutzung eines elektronischen Laborjournals die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden im Umgang mit digitalen Medien im Verlauf eines Praktikums gefördert werden?

Studiendesign und Methodik

Im Rahmen einer Evaluationsstudie im Pre-Post-Design wurde der Einsatz eines elektronischen Laborjournals zur Dokumentation von klassischen Schulversuchen in einem fünftägigen Laborpraktikum erprobt. Im Rahmen des Praktikums wurden 29 Schulversuche durchgeführt und mit einem elektronischen Laborjournal protokolliert, wobei die Studierenden vor Praktikumsbeginn eine kurze Einführung in das elektronische Laborjournal erhielten und während des ersten Tages Unterstützung in der Nutzung des Tools und Tablets im Labor bekamen. An der Studie nahmen im Sommersemester 2022 insgesamt $N = 48$ Chemie-Lehramtsstudierende (50 % weiblich, $M = 21.62$ Jahre) aller Schulformen (außer Förderschule) im 2. Fachsemester der Universität Duisburg-Essen teil. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde die fachsprachliche und fachinhaltliche Qualität der mit Hilfe eines elektronischen Laborjournals erstellten Dokumente anhand eines deduktiv erstellten Kriterienkatalogs (u. a. zur Verschriftlichung der Beobachtung, fachlichen Richtigkeit, korrekten Verwendung der Fachsprache) beurteilt. Um die Zuordnungen der Textstellen aus den Dokumenten zu den oben angeführten Kategorien zu überprüfen, wurden 31 % der erstellten Protokolle doppelt codiert und als Maß der Interrater-Reliabilität die prozentuale Übereinstimmungshäufigkeit berechnet, die mit 85 % die Eignung des Kategoriensystems bestätigt. Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden leitfadengestützte Interviews mit 7 Studierenden am Ende der Veranstaltung durchgeführt. Anschließend wurden die Interviews transkribiert und mit der Software MAXQDA codiert. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden die Aussagen der Studierenden anhand eines induktiv und deduktiv erstellen Kategoriensystems in Bezug auf die Kategorien *wahrgenommenen Nützlichkeit*, *Usability*, *Optimierungsmöglichkeiten* und *Akzeptanz* untersucht, wobei innerhalb der Kategorien zwischen positiven und negativen Emotionen unterschieden wurde. Um die Reliabilität der Codierungen zu überprüfen, wurden zwei der Interviews durch eine(n) zweite(n) Rater/-in codiert. Anschließend wurde die Interrater-Reliabilität als prozentuale Übereinstimmungshäufigkeit bestimmt, die mit 61 % bzw. 69 % in einem akzeptablen bis zufriedenstellenden Bereich liegt. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde ein

selbst entwickelter Fragebogen zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien (adaptiert nach Vogelsang et al., 2018) am Anfang und Ende der Veranstaltung eingesetzt. Die Reliabilität der Skala liegt zu beiden Messzeitpunkten mit Cronbachs $\alpha = .833$ bzw. $\alpha = .869$. im guten Bereich (Cronbach, 1951).

Material

Zur Erstellung eines elektronischen Laborjournals wurde das digitale Tool „eLabFTW“ (https://www.uni-due.de/rds/elb.php) genutzt, das den Studierenden der Universität Duisburg-Essen kostenlos zur Verfügung steht. In dem Tool wurde für jeden Versuch eine spezifische Protokollvorlage angefertigt, die einerseits fachsprachliche Hilfestellungen (z. B. Satzmuster) enthielt, um die Studierenden in der sachgerechten Beschreibung von Beobachtungen und der korrekten Verwendung der Fachsprache zu unterstützen. Andererseits wurden fachinhaltlichen Hilfestellungen (z. B. Leitfragen) und Strukturierungshilfen in Form von Tabellen und Koordinatensystemen integriert, die eine Hilfestellung in Bezug auf die Trennung von Beobachtung und Deutung sowie der korrekten Auswertung der Ergebnisse bieten können. Ferner wurden weitere Materialien (z. B. Sicherheitsdatenblätter, Praktikumsskript) im elektronischen Laborjournal bereitgestellt, um dem vielfachen Kladdenchaos im Labor ein Ende zu setzen.

Ergebnisse und Diskussion

Am Ende des Praktikums liegen 183 „bearbeitete“ Laborjournale vor, die für die Analysen genutzt werden können. Als „bearbeitet“ wurden dabei Laborjournale gewertet, die unter mindestens einem Gliederungspunkt (z. B. Beobachtungen, Deutung, etc.) eine Eintragung enthielten. In Bezug auf die erste Forschungsfrage zeigen die Ergebnisse, dass 45.9 % der Studierenden über alle Versuche hinweg vollständige und angemessene Beobachtungen notieren und weitere 35 % zumindest in Teilen adäquate Beobachtungen festhalten. Trotz diverser Hilfestellungen schaffen es aber 64.3 % derjenigen Studierenden, die die Beobachtungen vollständig korrekt protokollieren, nicht, eine sachgerechte Trennung von Beobachtung und Deutung vorzunehmen, da in der Beobachtung z. B. schon Bezüge zur submikroskopischen Ebene hergestellt werden, die einer Deutung entsprechen. Für die Dokumentation anderer versuchsrelevanter Aspekte, wie der verwendeten Chemikalien und Materialien sowie der Versuchsdurchführung und -skizze, wurde das elektronische Laborjournal während der Laborzeit mehrheitlich nicht genutzt. Bzgl. der zweiten Forschungsfrage belegen die Interviews unter anderem, dass die Studierenden die vorgegebene Struktur in den Laborjournalen generell positiv empfinden und insbesondere die exemplarischen Satzstrukturen und Strukturierungshilfen in Form von Tabellen als nützlich ansehen. Vereinzelt werden die Hinweise und Hilfestellungen jedoch auch als verwirrend wahrgenommen, sodass zukünftig die Passung zwischen dem Vorwissen der Studierenden und den Unterstützungsmaßnahmen überprüft werden sollte. In Bezug auf die dritte Forschungsfrage liefern die Ergebnisse erste Hinweise darauf, dass der Einsatz des elektronischen Laborjournals zu signifikanten Verbesserungen der Selbstwirksamkeits-erwartung in Bezug auf den Umgang mit digitalen Medien führt ($t(40) = 7.841$, $p \leq .001$). Während sich vor dem Praktikum noch 59.6 % der Studierenden nicht in der Lage fühlten, Lernenden zu erklären, wie man mit Hilfe elektronischer Laborjournale Versuche dokumentiert, sahen sich nach dem Praktikum hingegen 90.7 % der Studierenden dazu in der Lage. Trotz dieser positiven Entwicklung machen die Angaben der Studierenden in den Interviews aber auch deutlich, dass die Nutzung eines unbekannten Tools mit einer als sehr hoch empfundenen Arbeitsbelastung einhergeht, die z. T. zu einer Ablehnung des Tools führt. Perspektivisch bleibt daher weiterhin zu überprüfen, wie Studierende in der Nutzung eines elektronischen Laborjournals noch besser unterstützt werden können.

Literatur

Badiola, K. A., Bird, C., Brocklesby, W. S., Casson, J., Chapman, R. T., Coles, S. J., … Ylioja, P. M. (2015). Experiences with a researcher-centric ELN. *Chemical Science, 6*(3), 1614-1629.

Bayrak, C. (2020). *Vom Experiment zum Protokoll. Versuchsprotokolle schreiben lernen und lehren*. Münster, New York: Waxmann.

Bromfield-Lee, D. (2018). Implementation and Student Perceptions on Google Docs as an Electronic Laboratory Notebook in Organic Chemistry. In *Journal of Chemical Education*, *95*, 1102-1111.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297-334.

Groß, K. (2013). *Experimente alternativ dokumentieren. Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Berlin: Logos.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Basel: Beltz.

Kanza, S., Willoughby, C., Gibbins, N., Whitby, R., Frey, J G., Erjavec, J., … Kovač, K. (2017). Electronic lab notebooks: can they replace paper? *Journal of Cheminformatics, 9*(1), 31.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasien in Nordrhein-Westfalen Chemie.

Rautenstrauch, H. (2017). *Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie.* Berlin: Logos.

Russek, A. & Sommer, K. (2020). Protokolle – Vielfalt statt Einfalt: Ein Beitrag zum Kompetenzbereich Kommunikation. In *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *31*(180), 2-8.

Scholten-Akoun, D. & Baur, R. S. (2012). Der C-Test als ein Instrument zur Messung der Schriftsprachkompetenzen von Lehramtsstudierenden (auch) mit Migrationshintergrund – eine Studie. In Sprachstand erheben – Spracherwerb erforschen: Beiträge aus dem 6. Workshop Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund. Freiburg im Breisgau: Fillibach, 307–330.

Van Dyke, A. R. & Smith-Carpenter, J. (2017). Bring Your Own Device: A Digital Notebook for Undergraduate Biochemistry Laboratry Using a Free, Cross-Platform Application. *Journal of chemical education, 94*(5), 656-661.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*(1), 115-129.

Weibel, J. D. (2016). Working toward a Paperless Undergraduate Physical Chemistry Teaching Laboratory. *Journal of Chemical Education, 93*(4), 781-784.

Christoph Maut[1]
Karel Kok[1]
Burkhard Priemer[1]
Steffen Wagner[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin

Entwicklung eines Assessments zum Kritischen Denken

Kritisches Denken wird als eine zentrale Kompetenz zur gesellschaftlichen Teilhabe anerkannt und findet daher Erwähnung in Dokumenten allgemeiner Bildungsziele (Partnership for 21st Century Skills, 2009) und nationaler Lehrpläne (National Research Council, 2012; Ananiadou & Claro, 2009). Beim Kritischen Denken handelt es sich um ein umfassendes Konstrukt, welches Wissen, Fähigkeiten und Haltungen sowohl auf inhaltlicher als auch auf metakognitiver Ebene umfasst (Rafolt et al.. 2019; Ennis, 1989). Eine wesentliche und alltagsrelevante Komponente Kritischen Denkens ist das evidenzbasierte Urteilen und Entscheiden. Um auf Grundlage von Evidenz Entscheidungen zu treffen oder Aussagen zu beurteilen, bedarf es entsprechender Fähigkeiten im Umgang mit Daten und deren Unsicherheiten. Physikunterricht bietet mit seinen experimentellen Wegen der Erkenntnisgewinnung eine sehr gute Gelegenheit zur Förderung dieser an.

Physics Lab Inventory of Critical Thinking (PLIC)

Zur Erfassung dieser Fähigkeiten gibt es einige Erhebungsinstrumente, auch im Bereich der Physik. Mit dem PhysPort-Assessment „Physics Lab Inventory of Critical Thinking“ (Walsh et al., 2019) werden im Kontext experimenteller Untersuchungen drei Fähigkeiten mithilfe von Multiple-Choice-Items erhoben:

- Daten evaluieren: Diese Fähigkeit beinhaltet die kritische Analyse von Informationen und experimentellen Daten, um ihre Qualität, Relevanz und Glaubwürdigkeit zu beurteilen. Es erfordert die Fähigkeit, Datenquellen zu bewerten und festzustellen, ob die vorliegenden Informationen verlässlich und aussagekräftig sind.
- Methoden evaluieren: Diese Fähigkeit bezieht sich auf die kritische Prüfung der Methoden und Techniken beim Experimentieren, die zur Erhebung und Analyse von Daten verwendet werden. Sie umfasst die Bewertung, ob die angewandten Methoden angemessen sind, um die gestellten Fragen zu beantworten, und ob sie wissenschaftlichen Standards entsprechen.
- Anschlusshandlungen erkennen: Diese Fähigkeit beinhaltet das Ziehen von sinnvollen Schlussfolgerungen auf Grundlage der Auswertung von Daten und Methoden nach einem Experiment sowie die Identifizierung von nächsten Schritten und Handlungen. Es erfordert die Fähigkeit, auf Basis der gesammelten Informationen kluge Entscheidungen zu treffen und geeignete Maßnahmen zu planen und umzusetzen.

Übersetzung PLIC

Da bisher im deutschsprachigen Raum keine Erhebungsinstrumente zur Erfassung Kritischen Denkens für das Fach Physik bekannt sind, wurde in einem ersten Schritt das PLIC übersetzt. Die deutsche Übersetzung lässt sich auf der PhysPort-Webseite[1] erreichen.

[1] https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=PLIC

Ausblick

Eine Erweiterung des PLIC um Komponenten zur Erfassung der Haltungen und weiterer Fähigkeiten zum kritischen Reflektieren von experimentellen Prozessen steht noch aus. Zudem sollen die vorhandenen geschlossenen Items um Freitext-Antworten erweitert werden, um spezifischere Einblicke ins Kritische Denken der Proband:innen zu erhalten.

Literatur

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. OECD Education Working Papers, Vol. 41. https://doi.org/10.1787/218525261154

Ennis, R.H. (1989). Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research. Educational Researcher, 18 (3), 4-10. https://doi.org/10.3102/0013189X018003004

National Research Council (2012). Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13398

Partnership for 21st Century Skills (2009). P21 Framework Definitions. https://eric.ed.gov/?id=ED519462

Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. (2019). Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht – Synergiemodell, Problemlage und Desiderata. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25, 63-75. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00092-9

Walsh, C., Quinn, K.N., Wieman, C., & Holmes, N.G. (2019). Quantifying critical thinking: Development and validation of the physics lab inventory of critical thinking. Physical Review Physics Education Research, 15, 010135. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010135

Clemens Nagel[1] [1]Universität Wien

Vertrauenswürdigkeit von Messungen als Brücke zu Messunsicherheiten

Ausgangssituation und Fragestellungen

Der Themenkreis Messunsicherheiten nach GUM (ISO/IEC Guide 98-3:2008) wird nicht nur an der Universität von Studierenden, die am Anfang ihrer akademischen Laufbahn stehen, oft stiefmütterlich behandelt, sondern wird in den Schulen im Physikunterricht leider nur sehr oberflächlich thematisiert oder ganz ausgelassen (vgl. Nagel et al., 2021). Um dieser wesentlichen experimentellen Kompetenz in Schulen mehr Aufmerksamkeit zukommen zu lassen, bedurfte es praktikabler Unterrichtskonzeptionen. Solche haben Loidl (2021) für die Sekundarstufe I und Bärenthaler-Pachner (2022) für die Sekundarstufe II mit dem methodischen Rahmen des Design-Based Research (vgl. Haagen-Schützenhöfer, 2015) entwickelt und untersucht. Zentrales domänenspezifisches Designprinzip in beiden Konzeptionen ist die Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit von Messungen, Messgeräten und Ergebnissen. Dies hat sich als in der Praxis gut funktionierende und von den Schülerinnen und Schülern beider Altersstufen gut akzeptierte Brücke aus der Alltagswelt zum Fachbegriff der Messunsicherheiten herausgestellt. Allerdings äußert Loidl (2021) für die Sekundarstufe I basierend auf den Ergebnissen der Pretesting-Interviewstudien und Akzeptanzbefragungen mit den Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I die Bedenken, es könnte das Konzept zur Vertrauenswürdigkeit in dieser Altersgruppe sehr stark anthropozentrisch ausgeprägt sein. Sie schlägt aufgrund der Dominanz alltagsweltlicher Präkonzepte in dieser Altersgruppe jedenfalls weitere Untersuchungen vor. Dem wurde mit der Entwicklung eines quantitativen Befragungsinstruments zum Konzept der Vertrauenswürdigkeit nach der Four Building Blocks Methode nach Wilson (2005) Rechnung getragen.

Die zentralen Fragestellungen an die Entwicklung des Befragungsinstruments sind:

- Was bedeutet der Begriff Vertrauenswürdigkeit für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I
- Welches durch alltagsweltliche Präkonzepte indizierte gedankliche Konstrukt steckt hinter dem Begriff Vertrauenswürdigkeit?
- Ist das Begriffskonstrukt in geeigneter Weise anknüpfungsfähig für den Vertrauenswürdigkeitsbegriff von Messungen?
- Wie gut lässt sich das Konstrukt mit dem Begriff der Messunsicherheit verbinden?
- Werden Medien, Personen, Institutionen/ etc. die Eigenschaften vertrauenswürdig oder nicht vertrauenswürdig zugesprochen?
- (In Abhängigkeit von der vorherigen Frage) Welche Eigenschaften müssen Medien/Personen/Institutionen besitzen, damit sie als vertrauenswürdig eingestuft werden?

Four Building Blocks als methodischer Rahmen zur Fragebogenentwicklung

Die Four-Building-Blocks-Methode (nach Wilson, 2005) stellt den methodischen Ramen der Studie dar, mit dessen Hilfe es ermöglicht werden soll, ein Messinstrument zu erstellen, indem verstanden wird, welche Konstrukte und Dimensionen hinter der „Vertrauenswürdigkeit“ bei Sek I Schülerinnen und Schüler liegt.

Beim ersten Block wird eine „Construct Map“ z.B. durch Literaturrecherche basierend auf den unterschiedlichen Ausprägungen (Dimensionen) eines Konstrukts erstellt.

Beim zweiten Block, dem „Item Design“ muss erarbeitet werden, wie das theoretische Konstrukt mit Situationen aus dem Leben der Befragten zusammenhängt, woraus die einzelnen Items entstehen. Hier kommen umfangreiche Pretesting-Methoden wie Expertenbefragung, Expertendiskussion, 2-stufiges Brainstorming mit 6 Schulklassen und 14 Think-Aloud-Interviews (vgl. Krüger et al. 2014) inkl. Überprüfung der Intercoder-Reliabilitäten (Fleiss‘ κ, vgl. O’Connor & Joffe 2020) zum Einsatz.
Beim dritten Block „Outcome Space“ wird das beobachtbare Verhalten, in unserem Fall die Antworten auf die Items, kategorisiert und mit bestimmten Werten versehen. Variablen werden definiert und mit Skalen versehen.
Mit dem vierten Block „Measurement Model“ wird eine Möglichkeit gefunde, die Werte, welche man beim Block 3, dem Outcome Space erhält, wieder auf das Konstrukt der Construct Map (oder ihrer Weiterentwicklung) zurückzuführen. Ein möglicher Ansatz ist eine Fokussierung auf die Items und ihre Beziehungen zu dem Konstrukt, gemessen durch die Faktoranalyse (Backhaus et al. 2006), was mit einer quantitativen Stichprobe von 273 Schülerinnen und Schülern der Schulstufe 5-8 (Alter 10-15 Jahtre) aus 12 Schulklassen in 4 verschiedenen Schulen durchgeführt wurde. Ungeeignete Items werden so identifiziert und ggf. entfernt. Die überarbeiteten Skalen werden sodann mit der Berechnung von Cronbachs α auch auf ihre Reliabilität untersucht sowie Abgrenzungen zu anderen Konstrukten mit dem t-Test auf signifikatne Unterschiede untersucht (Janssen & Laatz, 2007).

Fragebogendesign
Die ursprünglich 8 Dimensionen, die sich in der Literaturrecherche der Construct Map ergaben, wurden im Zuge der qualitativen Pretestings zu 2 (eigentlich 4) Dimensionen reduziert:

- menschlich/Bezugspersonen ←→menschlich/digital (z.B. social media)
- künstlich/dinghaft (z.B. Messgeräte, Maschinen) ←→ künstlich/nicht dinghaft (z.B. Internet)

Innerhalb dieser Dimensionen wurde der Focus in der Fragestellung der 22 fünfstufig Likert-skalierten Items auf die Lebensrealitäten der Sek I - Schülerinnen und Schüler gelegt und bewusst auch auf die Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit von Messgeräten, Messprozessen, Messmethoden und messenden Personen gesetzt. Zudem wurde die Abgrenzung der Vertrauenswürdigkeit zu gegenteiligen bzw. ähnlichen Konzepten oder solchen, die nichts mit einander zu tun haben, mit 11 nominalskalierten Items getestet.

Ergebnisse
Die Entwicklung des Fragebogens wird durch die Auswertung der Ergebnisse sowie Überprüfung der Konstrukt-Validität und -Reliabilität im Zuge der quantitativen Befragung abgeschlossen. Die Faktoranalyse (Eignungsprüfung mittels KMO-Kriterium: 0,71 bzw. 0,72; Rotationsmethode der Strukturmatrix: Oblimin mit Kaiser-Normalisierung (vgl. Backhaus et al. 2006)) ergab in der Dimension „menschlich/Bezugspersonen“ drei deutliche Faktoren:

- vertrauenswürdige Personen,
- nicht vertrauenswürdige Personen,
- messende Personen.

In der Dimension künstlich/dinghaft versus künstlich/nicht dinghaft wurden diese beiden Ausprägungen exakt als Faktoren wiedergefunden:

- physische Informationsquellen (= künstlich/dinghaft),
- nicht-physische Informationsquellen (= künstlich/nicht dinghaft).

Wobei hier zwei Items aus dem Fragebogen entfernt werden mussten, da sonst die Konstruktvalidität nicht ausreichend gegeben wäre.
Alle so zusammengefassten Skalen haben die gleiche Reliabilität im Cronbach α -Test von α = 0,74.
Erste Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Antworten in der quantitativen Befragung zeigen, dass das Konzept der Vertrauenswürdigkeit bei den Sek I – Schülerinnen und Schülern deutlich ausgeprägt ist. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Abgrenzung der Vertrauenswürdigkeit zu gegenteiligen bzw. ähnlichen Konzepten oder solchen, die nichts mit einander zu tun haben. Man kann deutlich erkennen, dass ähnliche Konzepte überwiegend als ähnlich beurteilt werden, gegenteilige als gegenteilig und bezugslose Konzepte als ebensolche.

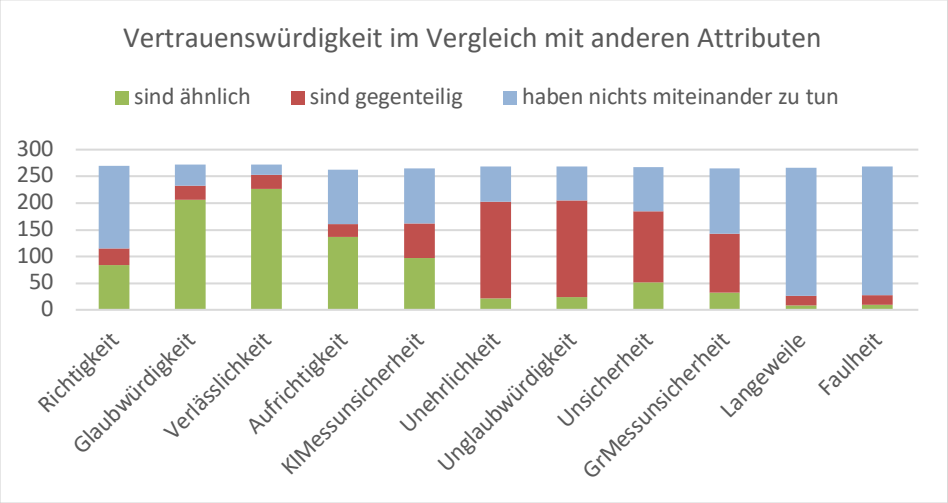


Abb. 1: Abgrenzung Vertrauenswürdigkeit zu anderen Konzepten

Auffällig ist, dass bei den drei Begriffen aus dem Konzept der Messunsicherheiten (Richtigkeit, kleine und große Messunsicherheit) die Einschätzung der Bezugslosigkeit dominiert. Abgesehen davon ordnet der Rest der Befragten Ähnlichkeit bzw. Gegenteiligkeit dieser drei Begriffe signifikant richtig der Vertrauenswürdigkeit zu.

Diskussion

Die Dimensions-Erweiterung bei menschlich/Bezugsperson durch den Faktor „messende Person“ könnte zum Schluss verleiten, dass die Vertrauenswürdigkeit „messender Personen“ nicht beurteilt werden kann. Detailergebnisse einzelner Items zeigen aber, dass die Vertrauenswürdigkeit sehr wohl richtig bei messenden Personen beurteilt wird (z.B. „Kindergartenkind stoppt Zeit“ versus „Sportlehrerin stoppt Zeit“ – hier wird die Messung des Sportlehrers signifikant vertrauenswürdiger eingeschätzt). Zudem zeigt die Ähnlichkeits/Gegenteil-Abfrage die deutlich richtige Ausbildung des Konzepts der Vertrauenswürdigkeit. Somit kann die Entwicklung des Testinstruments als gelungen betrachtet werden. Außerdem erhält die lokale Theorie im Rahmen der Design-Based - Research Studien zur Entwicklung der Unterrichtskonzeption für die Einführung von Messunsicherheiten in der Sek I die empirische Bestätigung, dass mit „Vertrauenswürdigkeit“ als zentrales domänenspezifisches Designprinzip ein geeignetes Brückenkonzept zwischen Alltags- und Fachsprache gewählt wurde.

Literatur

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006). Multivariate Analysenmethoden. Berlin & Heidelberg: Springer Verlag.

Bärenthaler-Pachner, R. (2022). Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zum Thema Messunsicherheit in der Sekundarstufe II. Masterarbeit an der Universität Wien.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2015). Kumulative Habilitationsschrift mit dem Schwerpunkt Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I (Habilitationsschrift, Universität Wien). Universität Wien.

ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (Corrected version 2010-11). www.ausrtian-standards.at download am 2023-02-10

Janssen, J. & Laatz, W. (2007). Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Berlin & Heidelberg: Springer

Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg). (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum: Berlin Heidelberg.

Loidl. H. (2021). Entwicklung und Evaluation von Unterrichtseinheiten zum Thema Messunsicherheiten. Masterarbeit an der Universität Wien.

Nagel, C., Lux, B., Steindl, S. (2021) Die Thematisierung von Messunsicherheiten im Physikunterricht – Eine Umfrage. In: Neumann, S. & Nagel C. (Hrsg.) Plus Lucis 4/2021: Messunsicherheiten - Sicher ist sicher! VFPC: Wien. pp 7-11.

O'Connor, C. & Joffe, H. (2020). Intercoder Reliability in Qualitative Research: Debates and Practical Guidelines. International Journal of Qualitative Methods , 19 , 160940691989922. https://doi.org/10.1177/1609406919899220

Wilson, M. (2005). Constructing Measures - An Item Response Modelling Approach . New York: Taylor & Francis.

Tobias Ludwig[1]
Marcus Kubsch[2]
Stefan Sorge[3]
Engin Kardaş[1]

[1]Pädagogische Hochschule Karlsruhe
[2]Freie Universität Berlin
[3]IPN Kiel

Quellen von Unsicherheit beim Experimentieren - Welche Rolle spielen verschiedene Arten von Unsicherheit beim Experimentieren?

Motivation

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind unsicher, vorläufig und diskursiv (z. B. Driver et al., 2000; Rosenberg et al., 2022). Dem gegenüber steht „üblicher" Unterricht, in dem häufig ein positivistisches Bild der Naturwissenschaften vermittelt wird (McComas, 2004). In der Folge entsteht ein Bild von Wissenschaft als „sicher" und „unveränderlich" (z. B. Manz & Suárez, 2018; Rosenberg et al., 2022), wobei Behauptungen als „logisch" und offensichtlich aus begrenzten Annahmen ableitbar dargestellt werden (Osborne, 2010). Um diesem Bild entgegenzutreten hat eine Reihe von fachdidaktischen Arbeiten daher den Erkenntnisgewinnungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht und dabei insbesondere den Umgang mit Unsicherheiten beim Experimentieren untersucht. Vor diesem Hintergrund adressieren einige dieser Arbeiten einen wesentlichen Teil von Unsicherheit beim Experimentieren – Messunsicherheiten statistischen und systematischen Ursprungs (z. B. Heinicke, 2012; Priemer & Hellwig, 2018). Zu diesem Bereich gibt es eine Reihe von Befunden, z. B. zu Präkonzepten von Schüler:innen zu Messunsicherheiten (Gott & Duggan, 2007; Lubben et al., 2001), zur Kompetenzmodellierung (z. B. Priemer & Hellwig, 2018; Schulz, 2022) und zur Förderung entsprechender Kompetenzen (z. B. Kardas, 2023; Kok, 2022). Neben Messunsicherheiten kann ein Erkenntnisgewinnungsprozess beim Experimentieren jedoch weitere Quellen von Unsicherheiten aufweisen: Beispielsweise hinsichtlich der Eignung des Aufbaus, der eigenen Fähigkeit beim Experimentieren (Ludwig et al., 2021) oder der Eignung des Untersuchungsansatzes bzw. der dem Versuch zu Grunde liegenden Modellannahmen (Rosenberg et al., 2022). Diese Quellen von Unsicherheit können dazu führen, dass Erkenntnisse, die am Ende des Experimentierzyklus stehen, z. B. in Form von Schlussfolgerungen, mit einer epistemischen Unsicherheit, z. B. hinsichtlich der Gültigkeit der Schlussfolgerungen belegt sind. Dieser Aspekt wird jedoch nur selten zur Lerngelegenheit gemacht (z. B. Warren, 2020). Vor diesem Hintergrund versucht dieser Beitrag, Forschungsergebnisse, welche auf die unterschiedlichen Arten von Unsicherheiten fokussieren, zusammenzuführen und Konsequenzen für das Lernen von Naturwissenschaften abzuleiten. Ein Framework für den Zusammenhang von Arten von Unsicherheit beim Experimentieren unter Verwendung von Bayesian Updating wird motiviert und Unterstützungsmöglichkeiten für den Prozess aufgezeigt.

Arten von Unsicherheit

Im Lernkontext liegen bereits vor dem Experimentieren Präkonzepte und Vorwissen zum adressierten physikalischen Sachverhalt vor. Beispielsweise könnte die Beschaffenheit zugrunde liegender Phänomene, Mechaniken oder Eigenschaften des Experiments unsicher sein (z. B. Bao & Redish, 2002; Santostasi et al., 2017). Man denke hier z. B. an blackboxartige Messgeräte oder Unklarheiten bzgl. der Dynamik des Phänomens – schauen wir auf einen Gegenstand oder einen Prozess? Diese Unsicherheit des Zugangs zum Experiment bzw. bezüglich des Inhalts kann als ontologische Unsicherheit bezeichnet werden, die beispielswiese

in Form von Forschungshypothesen konkretisiert werden können. Der Prozess der Wissensgenerierung kann ebenfalls unsicherheitsbehaftet sein. Wie gut können Informationen gesammelt und interpretiert werden, um beispielsweise die Forschungshypothesen zu testen? Diese sogenannten epistemischen Unsicherheiten können daher vorab bei der Planung des Experiments sowie der Untersuchungsmethode und danach bei der Auswertung, Analyse und Interpretation der Ergebnisse auftreten (Gougis et al., 2017). Die epistemische Unsicherheit kann Überzeugungen und Vorwissen bezüglich des Experiments, der Datengenerierung und -auswertung beeinflussen und eine Wechselwirkung mit ontologischer Unsicherheit entwickeln. Messwerte und -ergebnisse sind ebenfalls mit einer Unsicherheit behaftet. Einerseits kann das Ziel der Messung und die damit verbundene Versuchsanordnung die Messwerte beeinflussen (z. B. Hellwig, 2013). Andererseits können Messinstrumente nicht perfekt messen und weisen eine Unsicherheit auf. Diese kann durch Rundungen, Ablesen von analogen oder digitalen Skalen oder durch statistische Fluktuationen bedingt sein (z. B. Fuller, 2009). Messergebnissen kann auf dieser Grundlage ein Vertrauensbereich zugewiesen werden, der die Messunsicherheit quantifiziert.

Herausforderung im Umgang mit Unsicherheit

Verschiedene Arten von Unsicherheit und die damit verbundenen Konzepte von Wahrscheinlichkeit und Zufall führen zu unterschiedlichen Herausforderungen im Umgang mit ebendiesen. Wahrscheinlichkeit und Zufall stellen für Schüler:innen eine Herausforderung dar. Es dominiert eine deterministische Sicht auf Messwerte (z. B. Lubben et al., 2001). Zufall wird von Lernenden als unvereinbar mit Vorhersagen und Gesetzen angesehen (z. B. Hull et al., 2021). Darüber hinaus können unzureichende Kenntnisse über den Versuchsaufbau bzw. Methode dazu führen, dass eine systematische Unsicherheit vorliegt. Anders als zufällige Unsicherheiten können diese nicht mit mehr Messungen oder Auswertemethoden verringert werden. Bedingt durch den Einfluss von Unsicherheit, besteht wenig Konsens bei den Schüler:innen darüber, was ein reliabler und valider Datensatz ist (z. B. Kok & Priemer, 2022; Pols et al., 2021). Messungen werden oft faktisch interpretiert (Manz et al, 2016) und es gibt kein Verständnis für den Messprozess (Kok et al., 2019; Leak et al., 2018). Die Annahme von Kausalitäten stellt ebenfalls eine Herausforderung für den Umgang mit Unsicherheit beim Experimentieren dar. In diesem Fall ist die ontologische Unsicherheit betroffen. Beispiele sind hier, dass Schüler:innen in verschiedenen physikalischen Experimenten von einem linearen Zusammenhang ausgehen (z. B. Kennlinie einer Glühlampe oder Zusammenhang zwischen der Periodendauer und der Pendelmasse eines Fadenpendels). In beiden Fällen beeinflusst die Annahme der Kausalität die Vorbereitung und die Auswertung des Experiments und könnte daher auf die ontologische und epistemische Unsicherheit wirken. Weiterhin können Modelle als epistemische Instrumente angesehen werden, die über Limitationen und Gültigkeitsbereiche verfügen. Diese Grenzen sind den Schüler:innen oftmals nicht bekannt. Beispielsweise wird das Hooksche Gesetz bei Federn übergeneralisiert oder die Kleinwinkelnäherung beim Fadenpendel nicht berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund lassen sich Fragestellungen ableiten: Wie hängen verschiedene Quellen von Unsicherheit in ihrem Einfluss auf Erkenntnisgewinnungsprozesse zusammen? Wie können Lernende hierbei unterstützt werden?

Unsicherheiten beim Experimentieren im Kontext von Bayesian Updating

Die vorgestellten Unsicherheiten sollen unter Verwendung von Bayesian Updating in ein Framework übersetzt werden. Dem Bayesian Updating liegt die Idee inne, die eigene Überzeugung bzw. das eigene Vorwissen auf Grundlage von empirischen Beobachtungen zu aktualisieren. Mathematisch ausgedrückt ergibt sich:

$$\underbrace{p(\Theta|\text{data})}_{\substack{\text{Posterior uncertainty}\\ \text{about parameters}}} = \underbrace{p(\Theta)}_{\substack{\text{Prior uncertainty}\\ \text{about parameters}}} \times \underbrace{\frac{p(\text{data}|\Theta)}{p(\text{data})}}_{\substack{\text{Predictive}\\ \text{updating factor}}}$$

Der sogenannte Prior gibt die Überzeugung an, die man vor dem Experiment zu dem Sachverhalt aufweist. Der Prior kann auch Aspekte der ontologischen Unsicherheit abbilden. Der Bayesfaktor bzw. Predictive Updating Factor gibt an, wie auf Grundlage von Daten die eigene Überzeugung aktualisiert werden sollte. Diese Größe kann von epistemischer und Messunsicherheit beeinflusst werden. Der sog. Posterior ist eine Quantifizierung für die aktualisierte Überzeugung auf Grundlage von Daten. Dies kann als Quantifizierung der epistemischen Unsicherheit verstanden werden. Diese Aktivität kann mit jedem Experiment wiederholt werden. Ein Posterior des vorausgehenden stellt dann den Prior des aktuellen Durchlaufs dar.

In einem Framework für Arten von Unsicherheiten beim Experimentieren kann das Bayesian Updating wie folgt integriert werden (s. Abb. 1): Zu Beginn des Zyklus steht eine Aussage über die Welt, welche von ontologischen Unsicherheit beeinflusst werden kann und über welche es epistemische Unsicherheit gibt. Zu dieser Aussage weist die Person ein Vorwissen auf, welche die Art des zu planenden Experiments beeinflusst. Dieses Vorwissen wird von epistemischer und Messunsicherheit beeinflusst. In einem nächsten Schritt werden Daten generiert und analysiert. Der Fokus einer Unsicherheitsbetrachtung liegt in diesem Fall auf der Erfassung und Auswertung statistischer und systematischer Messunsicherheiten beim Experimentieren. Nach Abschluss dieses Schritts werden die Daten bewertet. Die Validität des Experiments basiert auf Messunsicherheiten und ermöglicht Rückschlüsse darüber, inwiefern das Experiment zum Erkenntnisgewinn beigetragen hat. Unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten wird eine neue epistemische Unsicherheit bestimmt. Auf dieser Grundlage wird das Wissen über die Welt bzw. die Aussage über die Welt „geupdated“. Zur Unterstützung von Schüler:innen im Umgang mit statistischen Messunsicherheiten liegen 12 elaboriert digitale Lernapps vor, die modular in den Unterricht eingebunden werden und wesentliche Aspekte von Messunsicherheiten beim Experimentieren in 20-25 Minuten adressieren und entsprechende Kompetenzen fördern können (Kardas & Ludwig, 2021). Den Schüler:innen werden zentrale Konzepte und Kompetenzen eines adäquaten Umgangs mit Daten und Messunsicherheiten vermittelt. Für den Umgang mit epistemischen Unsicherheiten können beispielsweise der Confidence Updater und das Model-Evidence-Link Diagramm eingesetzt werden (Kubsch & Neumann, im Druck). Diese Tools unterstützen die Schüler:innen dabei, die epistemische Unsicherheit auf Grundlage der Daten abzuschätzen und einen Posterior zu bestimmen. Mit Hilfe dieser Tools soll es möglich werden, Schüler:innen ein adäquateres Bild über den Erkenntnisgewinnungsprozess zu vermitteln.

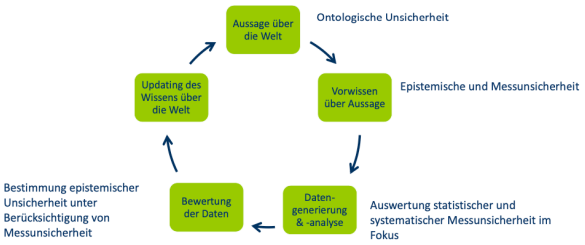


Abbildung 1: Unsicherheiten bei der Erkenntnisgewinnung im Sinne des Bayesian Updating.

Literatur

Bao, L., & Redish, E. F. (2002). Understanding probabilistic interpretations of physical systems: A prerequisite to learning quantum physics. *American Journal of Physics*, 70(3), 210–217.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.

Fuller, W. A. (2009). Measurement Error Models. John Wiley & Sons.

Gott, R., & Duggan, S. (2007). A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 271–291.

Gougis, R. D., Stomberg, J. F., O'Hare, A. T., O'Reilly, C. M., Bader, N. E., Meixner, T., & Carey, C. C. (2017). Post-secondary Science Students' Explanations of Randomness and Variation and Implications for Science Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), 1039–1056.

Heinicke, S. (2012). Aus Fehlern wird man klug: Eine genetisch-didaktische Rekonstruktion des „Messfehlers". Dissertation. Logos. Berlin.

Hull, M. M., Jansky, A., & Hopf, M. (2021). Probability-related naïve ideas across physics topics. Studies in Science Education, 57(1), 45–83.

Kardas, E. (2023). Einfluss von Datenkompetenz auf das Argumentieren beim Experimentieren. Dissertation Pädagogische Hochschule Karlsruhe.

Kardas, E., & Ludwig, T. (2021). Den Umgang mit Messunsicherheiten lernen—Digitale Apps für ein wichtiges Thema. *Plus Lucis*, 4, 24–32.

Kok, K. (2022). Certain about uncertainty, Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin,.

Kok, K., & Priemer, B. (2022). Evaluating students' justifications in a data comparison problem. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (Bd. 42). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Kok, K., Priemer, B., Musold, W., & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better? *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010103.

Kubsch, M., & Neumann, K. (im Druck). Science Denial im naturwissenschaftlichem Bereich begegnen. In N. Graulich, J. Arnold, S. Sorge, & M. Kubsch (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von morgen.* Waxmann.

Leak, A. E., Santos, Z., Reiter, E., Zwickl, B. M., & Martin, K. N. (2018). Hidden factors that influence success in the optics workforce. *Physical Review Physics Education Research,* 14(1), 010136.

Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A., & Allie, S. (2001). Point and Set Reasoning in Practical Science Measurement by Entering University Freshmen. *Science Education*, 85(4), 311–327.

Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2021). Assessing Secondary School Students' Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab. *Research in Science Education*, 51(3), 819–844.

Manz, E., & Suárez, E. (2018). Supporting teachers to negotiate uncertainty for science, students, and teaching. *Science Education*, 102(4), 771–795. https://doi.org/10.1002/sce.21343

McComas, W. F. (2004). Keys to teaching the nature of science. *The science teacher*, 71(9), 24.

Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977), 463–466.

Pols, F., Dekkers, P., & de VRIES, M. (2021). What do they know? Investigating students' ability to analyse experimental data in secondary physics education, *International Journal of Science Education* .

Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 45–68.

Rosenberg, J. M., Kubsch, M., Wagenmakers, E.-J., & Dogucu, M. (2022). Making Sense of Uncertainty in the Science Classroom. *Science & Education*, 31(5), 1239–1262.

Santostasi, D., Malgieri, M., Montagna, P., & Vitulo, P. (2017). An experiment on radioactive equilibrium and its modelling using the 'radioactive dice' approach. *Physics Education*, 52(4), 045023.

Schulz, J. (2022). Entwicklung eines Testinstrumentes zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.

Warren, A. R. (2020). Impact of Bayesian updating activities on student epistemologies. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010101.

Robert Gieske[1]
Sophie Freudenberg[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Adressatenorientierung in Texten: Schüler*innen erklären Lösevorgänge

Neben Sach-, Erkenntnisgewinnungs- und Bewertungskompetenz ist die Kommunikationskompetenz zentral für das Ausformen von naturwissenschaftlicher Bildung durch den und im Chemieunterricht (KMK, 2005). Naturwissenschaftlich kompetent kommunizieren zu können bedeutet, dass Lernende nicht nur sachgerechte, sondern maßgeblich auch adressatenorientierte Botschaften übermitteln (Kulgemeyer & Schecker, 2009). Dadurch, dass im Chemieunterricht stets Alltags-, Bildungs- und Fachsprache (samt der hoch abstrakten Formelsprache) aufeinandertreffen (Rincke, 2010), stellt Adressatenorientierung im Chemieunterricht ein komplexes und sprachlich anspruchsvolles Unterfangen für Schüler*innen dar (Becker-Mrotzek et al., 2014). Umso mehr sind Lehrer*innen gefordert, darauf zu achten, dass Lernende chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht kommunizieren sowie bedarfsgerecht zwischen Alltags- und Fachsprache unterscheiden und übersetzen (KMK, 2005).

Theoretische Rahmung und forschungsleitende Fragestellungen

Adressatenorientierung als Teil kommunikativer (Schreib-)Kompetenz bedeutet grundlegend, thematisches Vorwissen, Erwartungen und allgemein die Verständnisvoraussetzungen des Lesers berücksichtigen zu können (Becker-Mrotzek et al., 2014, S. 22). Um Adressatenorientierung herzustellen, kann ein Text gemäß Kulgemeyers (2010) konstruktivistischem Kommunikationsmodell hinsichtlich vier Dimensionen gezielt variiert werden: (sprachlicher) Code, Aspekte des Sachinhalts, Kontext und Darstellungsform. Damit Kommunikationsangebote attraktiv erscheinen, müssen sie demzufolge sowohl sprachlich als auch inhaltlich an die Voraussetzungen und Bedarfe auf Seiten der Adressatin bzw. des Adressaten anknüpfen. Sprachsensible Unterrichtsverfahren, z. B. *Scaffolding* (Gibbons, 2015) oder der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (kurz *DIA*; Brown et al., 2010; Gieske et al., 2022, 2023), bieten die Voraussetzung zur gleichzeitigen Förderung der Lernenden hinsichtlich (fach-)sprachlicher Fähigkeiten und eines anschlussfähigen Konzeptverständnisses. Der *DIA* sieht vor, dass der Sachinhalt unter Verwendung bekannter sprachlicher Mittel erarbeitet wird und erst danach die Einführung der korrespondierenden Termini erfolgt (Brown et al., 2010). Brown et al. (2010) und Gieske et al. (2022, 2023) konnten nachweisen, dass der *DIA* mehrsprachige Lernende beim Erwerb von Fachwissen gezielt unterstützt. Diese Erkenntnisse untersuchen wir anhand der folgenden Fragestellungen im vorliegenden Beitrag differenzierter mit Blick auf chemiebezogene, kommunikative Kompetenzen von Schüler*innen:

I Inwiefern unterscheiden sich Schüler*innentexte auf (a) sprachlicher und (b) sachinhaltlicher Ebene, je nachdem, ob sie an eine Freundin ohne thematisches Vorwissen oder an eine Lehrkraft gerichtet sind?
II Inwieweit unterscheidet sich die Fähigkeit von Schüler*innen, Adressatenorientierung in den Texten herzustellen, dahingehend, welche sprachsensible Unterrichtsvariante sie erhielten?

Studiendesign

Zur Bearbeitung der Fragestellungen werden die von Schüler*innen erarbeiteten Texte aus einer von Gieske et al. (2022) durchgeführten Intervention (s. Abb. 1) ausgewertet.

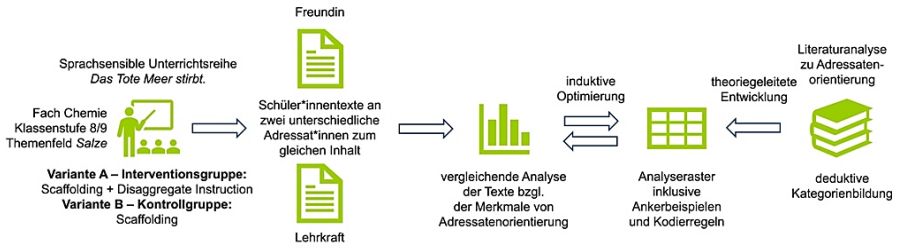


*Abb. 1. Design der Interventionsstudie, in der die Schüler*innentexte an verschiedene Adressat*innen formuliert wurden.*

Die Texte werden mittels eines theoriebasiert entwickelten Kategoriensystems qualitativ-inhaltsanalytisch untersucht. In Anlehnung an Mayring (2022, S. 97) wird das Kategoriensystem kontinuierlich optimiert, bis es erschöpfend ist und eine zufriedenstellende Interkoder-Übereinstimmung hergestellt werden konnte.

Datenlage und ausgewählte Ergebnisse

Es wurden 320 Texte von 160 Schüler*innen der Sekundarstufe I (jeweils ein Text an die Freundin und an die Lehrkraft) herangezogen, von denen auf Grundlage folgender Kriterien einige Texte nicht berücksichtigt wurden:

- fehlende Betrachtung des Löseprozesses auf der submikroskopischen Ebene
- Anzahl der Wörter im Text kleiner als 30

Mit einem Wert von $\kappa_n = .91$ (nach Brennan & Prediger, 1981) liegt die Interkoder-Übereinstimmung in einem sehr zufriedenstellenden Bereich. Der nach Bereinigung um 54 Texte zu untersuchende Datensatz umfasst 266 Texte in vier Teilgruppen (s. Tab. 1).

Tabelle 1. Übersicht der Stichprobe sowie Teilstichproben nach Adressat*in und Unterrichtsvariante (IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe).

	Adressat*in	**IG**	**KG**	**Σ**
Stichprobe (N = 266 Texte)	Lehrkraft	70	59	129
	Freundin	74	63	137

Die mittlere Wortanzahl pro Text liegt bezogen auf alle analysierten Texte (N = 266) bei ca. 70 Wörtern (SD = 25,38), verteilt auf etwa 10 Sätze (SD = 3,75). Die Texte an die Freundin weisen häufiger Begriffe auf, die den Lernenden bereits vor der Unterrichtsreihe bekannt sind (z. B. geladene Teilchen, Salz, Gitter); Texte an die Lehrkraft beinhalten mehr neu eingeführte Begriffe (z. B. Ion, Hydratation, Kristallgitter). Auf der Satzebene greifen die Schüler*innen in den Texten an die Lehrkraft auf mehr Passivkonstruktionen zurück, während in den Texten an die Freundin deutlich mehr persönliche Ausdrucksweisen und erweiterte Nominalphrasen verwendet werden. Abbildung 2

verdeutlicht die Unterschiede zwischen den Texten mit Blick auf neu eingeführte Begriffe, Abbildung 3 in Hinblick auf bereits bekannte Begriffe.

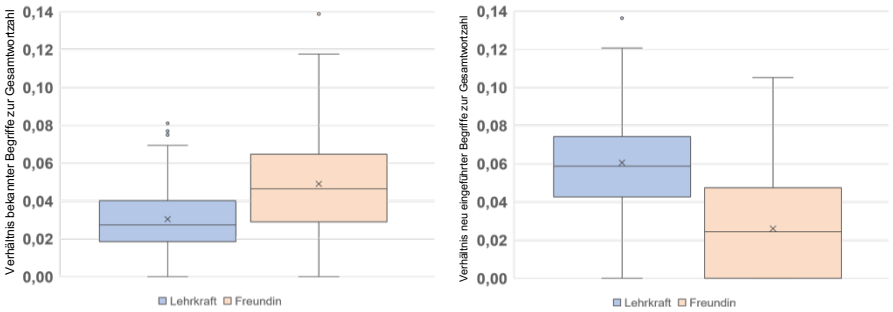


Abb. 2 und 3. Relative Häufigkeiten vor der Unterrichtsreihe bereits bekannter und während der Unterrichtsreihe neu eingeführter Begriffe.

Auf der sachinhaltlichen Ebene werden die chemische Struktur der Stoffe Salz und Wasser, das Herauslösen der Ionen aus dem Kristallgitter sowie die Bildung von Hydrathüllen am häufigsten berücksichtigt. Im Mittel ist bei zwei von sechs Aspekten eine Variation des inhaltlichen Umfangs der Texte zu beobachten: Die Texte an die Freundin thematisieren die chemische Struktur von Salz und Wasser sowie die Hydrathüllen häufiger. Etwa 8 % der Texte weisen fünf oder sogar alle sechs relevanten Aspekte des Sachinhalts auf. In ca. 50 % der Texte werden drei von sechs Aspekten genannt und in einem Viertel der Texte finden sich weniger als drei Aspekte. Vergleicht man die Texte der Interventions- und Kontrollgruppen und damit die Effekte unterschiedlicher sprachsensibler Unterrichtsvarianten miteinander, so sind auf sprachlicher Ebene lediglich Trends erkennbar, denn zwischen den Gruppen zeigen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. In den Texten der Interventionsgruppe gibt es auf der Wortebene eine stärkere Vermischung von bereits bekannten und neu eingeführten Begriffen. Bei der Kontrollgruppe findet sich in den Texten an die Freundin hingegen ein vermehrter Gebrauch neu eingeführter Begriffe. Auf der Satzebene zeigt sich folgendes Bild: Passivkonstruktionen treten in den Texten der Interventionsgruppe häufiger auf, erweiterte Nominalphrasen hingegen seltener als in der Kontrollgruppe. Auf der sachinhaltlichen Ebene sind keine Trends bzgl. Anzahl und Anordnung der Aspekte erkennbar.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Untersuchung verdeutlichen, dass Schüler*innen der Sekundarstufe I Adressat*innen maßgeblich in der sprachlichen Gestaltung der Texte berücksichtigen können. Dies gelingt ihnen, indem sie den Gebrauch bekannter bzw. neu eingeführter (Fach-)Wörter mit Blick auf das vermutete Verständnis der Adressatin bzw. des Adressaten gezielt variieren. Hinsichtlich des Sachinhalts ähneln sich die Texte in weiten Teilen. Dabei zeichnet sich die Tendenz ab, der Freundin ohne Vorwissen eine größere Anzahl an Aspekten vermitteln zu wollen. Der Vergleich der beiden Gruppen, die auf unterschiedliche Weise sprachsensibel unterrichtet wurden, bietet bisher keine stichhaltigen Argumente, dass durch den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (fach-)sprachliche Fähigkeiten in besonderem Maße gefördert werden. Inwiefern sich der *DIA* auf die fachliche und fachsprachliche Korrektheit von Schüleräußerungen auswirkt, werden wir im Zuge weiterer Analysen vordergründig betrachten.

Literatur

Becker-Mrotzek, M., Grabowski, J., Jost, J., Knopp, M., & Linnemann, M. (2014). Adressatenorientierung und Kohärenzherstellung im Text. Zum Zusammenhang kognitiver und sprachlicher realisierter Teilkompetenzen von Schreibkompetenz. *Didaktik Deutsch: Halbjahresschrift für die Didaktik der deutschen Sprache und Literatur*, *37*, 21–43.

Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, *41*(3), 687–699.

Brown, B. A., Ryoo, K., & Rodriguez, J. (2010). Pathway Towards Fluency: Using 'disaggregate instruction' to promote science literacy. *International Journal of Science Education*, *32*(11), 1465–1493.

Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (2022). Transferring language instruction into science education: Evaluating a novel approach to language- and subject-integrated science teaching and learning. *RISTAL*, *5*, 144–162.

Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (2023). Das Tote Meer stirbt – Effekte einer sprachsensiblen Unterrichtsreihe. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 206–209).

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *15*, 131–153.

Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Auflage). Beltz.

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 235–260.

Peter Michael Westhoff[1] [1]Universität Münster
Susanne Heinicke[1]

Das Zeichnen als Erkenntnismethode im naturwissenschaftlichen Unterricht

In der Geschichte der Naturwissenschaften spielen Skizzen und Abbildungen eine entscheidende Rolle - sei es, dokumentierend, um Aufbauten oder Anordnungen festzuhalten, kommunizierend, um Prozesse zu beschreiben, Modelle darzustellen oder epistemisch, um sich neue Inhalte zu erschließen. In diesem Projekt soll genauer untersucht werden, wie die Methode des Zeichnens das Lernen und Behalten im naturwissenschaftlichen Unterricht unterstützen kann. Dabei werden neben personenbezogenen Merkmalen der Lernenden, wie ihre Kreativität oder ihre eigene Selbsteinschätzung zum Zeichnen, Untersuchungen zur Lernförderlichkeit von unterschiedlichen Varianten des Zeichnens im Unterrichtskontext durchgeführt. Ziel ist es herauszufinden, inwiefern das Zeichnen eine Unterstützung im Lernprozess darstellen kann. In diesem Beitrag werden erste Tendenzen aus mehreren Pilotstudien mit Lernenden (N=452) vorgestellt.

Motivation

Mit der zunehmenden Digitalisierung hören Lehrkräfte im Unterricht immer öfter die Frage: „Müssen wir das abzeichnen oder können wir einfach ein Foto machen?“. Die Digitalisierung bietet die Möglichkeit Tafelbilder oder Experimentieraufbauten einfach und schnell festzuhalten und beispielsweise in die digitale Mitschrift einzubetten. Aber ist dies überhaupt didaktisch sinnvoll? Und hat dies dieselbe Wirkung in Bezug auf das Lernen und Behalten wie eine eigene Zeichnung, die natürlich zeitaufwändig ist?
Gerade der Physikunterricht kommen unterschiedliche visuelle Repräsentationsformen zur Anwendung, die in den verwendeten Medien z.B. an der Tafel, auf dem Arbeitsblatt oder im Buch genutzt werden. Dabei werden reale Phänomene meist durch Fotos oder Zeichnungen abgebildet (z.B. das Foto eines Regenbogens). Formale, mathematische oder symbolische Zusammenhänge werden in Form von Formeln oder Diagrammen dargestellt. Des Weiteren werden schematische Visualisierung für die Darstellung von Kräften oder Modellen (z.B. Magnetfeldlinien oder Atommodelle) verwendet. Neben diesen Reinformen finden sich ebenso Mischformen aus mehreren Darstellungsvarianten (z.B. Fotos mit eingezeichneten Kraftpfeilen). Diese Graphiken enthalten dabei ungebundene und ebenso gebundene Anteile, d.h. konventionelle Symbolsprache, beispielsweise Kraftpfeile oder Schaltsymbole.

Theoretischer Hintergrund

Es lassen sich zwei Arten der Verwendung von Abbildungen im Unterricht unterscheiden: die Rezeption und die Produktion. Im Bereich der Rezeption ist u.a. bereits bekannt, dass der Lernerfolg höher ausfallen kann, wenn der Text in angemessener Weise von Grafiken begleitet wird („Multimedia Learning effect“, Mayer, 2014). In diesem Zusammenhang verweist Mayer (2014) mit seinen Überlegungen zu Cognitive Theory oder Multimedia Learning darauf, dass für eine Optimierung des Lernerfolges genaue Prinzipien bei der Abstimmung zwischen Text und Bildmaterial beachtet werden müssen und dass der Lernerfolg nicht bei allen Lernenden gleich ausfällt (Mayer, 2014; Schnotz, 2014). Auch Studien von van Meter (2013 und 2005) unterstützen die Aussage, dass die Verknüpfung von textlichen und nicht-textlichen Inhalten lernförderlich ist und das Verständnis unterstützt. So kann insgesamt ein positiver Einfluss auf den Lernerfolg durch die Rezeption von Visualisierungen im Gegensatz zu reinem Text festgehalten werden. In Eye-Tracking-Studien zeigt sich außerdem eine starke Text oder Bild Fokussierung und eine geringe spontane Integration dieser verbalen und figuralen

Darstellungsformen (Renkl & Scheiter, 2017; Schnotz & Wagner, 2018). Zudem kann das Vorhandensein und Betrachten von Abbildungen zur Illusion führen, den Inhalt verstanden zu haben und so beim Lernenden die metakognitive Beurteilung des Lernens behindern (Peeck, 1993; Wiley, 2019). Das bloße Verwenden von Abbildungen ist somit nicht unmittelbar lernförderlich, sondern bedarf stets einer Beachtung von Gestaltungsprinzipien und dem Wissensstand der Lernenden.
Im Vergleich zur Rezeption sind Lernende bei der Produktion eigener Visualisierungen aus Texten deutlich intensiver gefordert. Das Anfertigen von Zeichnungen ist oftmals kognitiv anspruchsvoll und zeitaufwändig (Hellenbrand et al., 2019; Leutner et al., 2009). Neben dem Lesen des Textes müssen Vorwissen aktiviert und die Inhalte in eine graphische Form übersetzt werden, um so durch eine aktive multimodale Verarbeitung ein tieferes Verständnis und den Wissenstransfer zu fördern (Leutner & Schmeck, 2014; Stern et al., 2003; Zhang & Fiorella, 2019). Gerade bei Lernanfänger besteht daher die Gefahr der Überforderung durch diese Fülle an kognitiven Aktivitäten (Seufert, 2003, 2019; Skuballa et al., 2018).
Zugleich kann der Zeichenprozess den Lernenden, Hinweise auf Konflikte oder Ungenauigkeiten zu vorhandenen mentalen Modellen oder sich gerade entwickelnden gedanklichen Konstrukten geben (van Meter, 2001). Auch kann die Lehrkraft aus Zeichnungen der Lernenden Erkenntnisse über deren Wissensstand ziehen. Zhang und Fiorella (2021) verweisen darauf, dass die Zeichenqualität eine direkte Auswirkung auf die Genauigkeit der mentalen Modelle haben, die die Lernenden während des Verstehensprozesses entwickeln (Zhang & Fiorella, 2021). Die Zeichenqualität ist dabei häufig ohne eine adäquate didaktische Unterstützung gering, was wiederum zu ungenauen mentalen Modellen führen kann (Fiorella & Zhang, 2018; Peeck, 1993; Zhang & Fiorella, 2019, 2021).
Somit lässt sich festhalten, dass beim Lernen mit Zeichnungen Vor- und Nachteile auftreten können. Es zeigt sich das Potential mithilfe von Zeichnungen die Bildung mentaler Modelle der Lernenden zu unterstützen. Dies wird in den im Folgenden beschriebenen Pilotstudien genauer untersucht.

Forschungsfragen

Im Fokus der Studie stehen lern- und personenbezogene Voraussetzungen der Lernenden, und ihre möglichen Zusammenhänge zur Lernwirksamkeit des Zeichnens als Lern- und Behaltensmethode. Auf dieser Grundlage werden Textbearbeitungsmethoden mit unterschiedlichen zeichenbezogenen Anteilen miteinander verglichen und dabei im Besonderen die Lernförderlichkeit dieser in Bezug zu den erhobenen (personenbezogenen) Voraussetzungen gesetzt. Insgesamt lassen sich die folgenden Forschungsfragen ableiten:

1. Welche Einstellungen, Interessen und Kompetenzen u.a. in Bezug auf das Zeichnen bringen Lernende im Unterrichtskontext mit?
2. Lassen sich auf Basis der personenbezogene Merkmale insbesondere zum Zeichnen unterschiedliche Gruppen / Profile von Lernenden erkennen?
3. Sind Zusammenhänge zwischen diesen Profilen, dem Vorwissen der Lernenden und der Lernförderlichkeit der Methode des Zeichnens zu erkennen?

Auswahl der Erhebungsinstrumente

Mit Blick auf die Forschungsfrage 1 wurden unterschiedliche Skalen für die Erhebung der Voraussetzungen, die die Lernenden mitbringen, ausgewählt: Neben den demographischen Daten (Alter, Geschlecht, Schulform und Klasse) wurde die Selbstwirksamkeitserwartung zur Kreativität mithilfe der „Short Scale of Creative Self“ (Karwowski, 2012) erhoben. Um den Fokus mehr auf das Zeichnen zu legen wurde ein Testinstrument zur „Selbstwirksamkeits-erwartung zum Zeichnen“ („SWEZ“, Eigenentwicklung) entwickelt. Die „SWEZ“ befasst sich im Besonderen damit, welche Rolle das Zeichnen für den Probanden spielt (Motivation), in

welchen Situationen das Zeichnen genutzt wird (Anwendung) und welcher Fokus auf das Aussehen und den Detailgrad der Zeichnungen gelegt wird (Optimierung). Des Weiteren wurde das Interesse an elf Schulfächer mit einer Likert-4 Skala abgefragt und das generelle Interesse hinsichtlich der Verwendung von Zeichnungen im Unterricht. Zusätzlich wurde der Brain Type (Welberg et al., 2023) erhoben, der zwischen systematisierende und empathisierende Denkweisen unterscheidet. Es liegt die Vermutung nahe, dass Zusammenhänge zwischen den Brain Typs und strukturellen Elementen beim zeichengestützten Lernen bestehen.

Erste Ergebnisse zu den personenbezogenen Merkmalen

Zur Planung der Hauptstudie wurden im Sommer 2023 Pilotstudien zur Erhebung der personenbezogenen Merkmale durchgeführt. Dabei wurden 452 Lernende von drei Gymnasien (60%) und zwei Realschulen (40%) in unterschiedlichen Schulfächern befragt. Folgend werden beispielhaft Ergebnisse dargestellt, die für die weitere Konzeption der Studie genutzt werden sollen. Bei der Einstellung der Probanden zur Kreativität zeigte sich insgesamt ein positives Bild (vgl. Abb. 1). Der Großteil der Lernenden schätzt sich selbst als kreativ ein und misst der Kreativität gleichzeitig einen hohen persönlichen Stellenwert zu. Ebenso sieht es bei der Verwendung von Zeichnungen im Unterricht aus (vgl. Abb. 2). Die Befragten zeigen eine positive Einstellung gegenüber der Verwendung von Zeichnungen im Unterricht und den Wunsch das Arbeiten mit Abbildungen im Unterricht zu intensivieren (vgl. Abb. 2). Nur 5 bis 7,1 % der Befragten äußern geringe kreative Selbsteinschätzungen oder geringes Interesse an Auseinandersetzungen mit Zeichnungen im Unterricht. Die Tendenzen der Skalen „SSCS“ und „ZIU“ zeigen eine positive Einstellung gegenüber der Methode des Zeichnens.

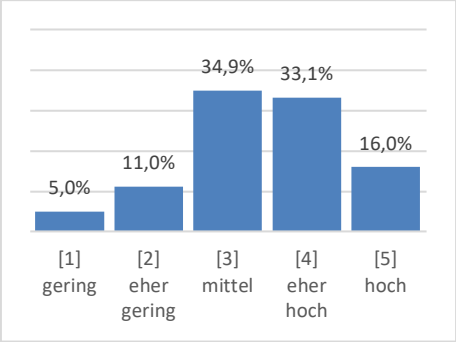


Abb. 1 Relevanz von Kreativität bzw. eigene Kreativitätseinschätzung der befragten Lernenden (N=452)

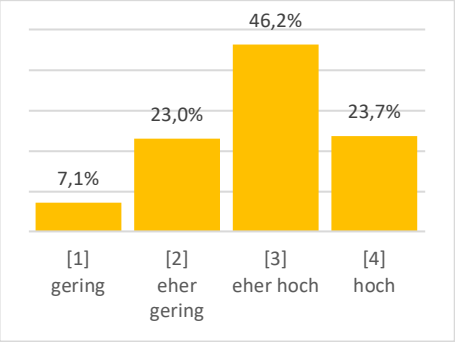


Abb. 2 Interesse und Motivation der befragten Lernenden an der Verwendung von Zeichnungen im Unterricht (N=452)

Ausblick

Die bislang erhobenen Ergebnisse der Pilotstudien lassen eine positive Einstellung der Lernenden gegenüber ihrer eigenen Kreativität und dem Zeichnen allgemein, sowie im Unterricht vermuten. In der Hauptstudie werden verschiedene Sachtexte zum Einsatz kommen, zu denen die Lernenden mit jeweils unterschiedlichen Umfängen eigenständiger Produktion Zeichnungen anfertigen. Die Lern- und Behaltensleistung wir anhand eines Post-Follow up-Designs erhoben und ihre Korrelation zu den o.g. personenbezogenen Merkmalen und dem Vorwissen der Lernenden (Pre-Test) analysiert. Hieraus können sich Informationen darüber ergeben, für welche Lernendengruppen welche Variante der eigenständigen Produktion sich am günstigsten für ein nachhaltiges Lernen erweist.

Literatur

Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. Educational Psychology Review, 28(4), 717–741. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9

Fiorella, L. & Zhang, Q. (2018). Drawing Boundary Conditions for Learning by Drawing. Educational Psychology Review, 30(3), 1115–1137. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8

Hellenbrand, J., Mayer, R. E., Opfermann, M., Schmeck, A. & Leutner, D. (2019). How generative drawing affects the learning process: An eye-tracking analysis. Applied Cognitive Psychology, 33(6), 1147–1164. https://doi.org/10.1002/acp.3559

Karwowski, M. (2012). Did Curiosity Kill the Cat? Relationship Between Trait Curiosity, Creative Self-Efficacy and Creative Personal Identity. Europe's Journal of Psychology, 8(4). https://doi.org/10.5964/ejop.v8i4.513

Leutner, D., Leopold, C. & Sumfleth, E. (2009). Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. Computers in Human Behavior, 25(2), 284–289. https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.010

Leutner, D. & Schmeck, A. (2014). The Generative Drawing Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 433–448). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.022

Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369

Peeck, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. Learning and Instruction, 3(3), 227–238. https://doi.org/10.1016/0959-4752(93)90006-L

Renkl, A. & Scheiter, K. (2017). Studying Visual Displays: How to Instructionally Support Learning. Educational Psychology Review, 29(3), 599–621. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9340-4

Schmidgall, S. P., Eitel, A. & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. Learning and Instruction, 60, 138–153. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.006

Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 72–103). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.006

Schnotz, W. & Wagner, I. (2018). Construction and elaboration of mental models through strategic conjoint processing of text and pictures. Journal of Educational Psychology, 110(6), 850–863.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. Learning and Instruction, 13(2), 227–237. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00022-1

Seufert, T. (2019). Training for Coherence Formation When Learning From Text and Picture and the Interplay With Learners' Prior Knowledge. Frontiers in psychology, 10, 193. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00193

Skuballa, I. T., Dammert, A. & Renkl, A. (2018). Two kinds of meaningful multimedia learning: Is cognitive activity alone as good as combined behavioral and cognitive activity? Learning and Instruction, 54, 35–46. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.02.001

Stern, E., Aprea, C. & Ebner, H. G. (2003). Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. Learning and Instruction, 13(2), 191–203. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00020-8

van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. Journal of Educational Psychology, 93(1), 129–140. https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.129

van Meter, P. & Firetto, C. M. (Hrsg.). (2013). Cognitive model of drawing construction: Learning through the construction of drawings. IAP Information Age Publishing. https://psycnet.apa.org/record/2014-01969-010

van Meter, P. & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. Educational Psychology Review, 17(4), 285–325. https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3

Welberg, J., Laumann, D. & Heinicke, S. (2023). Measuring Empathizing and Systemizing in Children and Adolescents: Development of a German Short Version of Empathizing and Systemizing Quotient for Children and Adolescents. In Bearbeitung.

Wiley, J. (2019). Picture this! Effects of photographs, diagrams, animations, and sketching on learning and beliefs about learning from a geoscience text. Applied Cognitive Psychology, 33(1), 9–19. https://doi.org/10.1002/acp.3495

Zhang, Q. & Fiorella, L. (2019). Role of generated and provided visuals in supporting learning from scientific text. Contemporary Educational Psychology, 59, 101808. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101808

Zhang, Q. & Fiorella, L. (2021). Learning by drawing: When is it worth the time and effort? Contemporary Educational Psychology, 66, 101990. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101990

Katrin Stein Universität Potsdam
Dr. Uta Magdans
Prof. Dr. Andreas Borowski

Erklären lernen mit visuellen Hilfen in der Physik-Lehrkräftebildung

Motivation

Gut erklären zu können gilt als ein Kriterium guten Unterrichts (Kiel, 1999) und gehört auch aus Sicht der Schüler*innen zu einer der wichtigsten Kompetenzen einer Lehrkraft (Wörn, 2014; Wragg & Wood, 1984). Erklären ist ein essentieller Bestandteil des Physikunterrichts, um physikalische Inhalte zu erschließen. Dies zeigt sich auch in zahlreichen Videos, Büchern und Podcasts. Jedoch schauen sich fast die Hälfte der Schüler:innen Zuhause online Erklärvideos an, da ihre Lehrkraft im Unterricht schlecht erklärt (Cwielong & Kommer, 2020). Woher sollen die (angehenden) Lehrkräfte *Erklären* können?

Das Studium einer Lehrkraft besteht zu großen Teilen aus Vorlesungen mit schriftlichen Übungsaufgaben. Die zu erbringenden Modulprüfungen im Lehramtsphysik der Universität Potsdam erfolgen zu meist schriftlich (Klausuren: 5 vs. mündliche Prüfung: 1) (StudO Physik, 2020). Laut DPG wird deutschen Hochschulen „mehr Vielfalt in den Prüfungsformen und insbesondere die verstärkte Einführung kompetenzorientierter Prüfungsformate“ (DPG, 2023, Seite 47) empfohlen. In diesem Zusammenhang wird auch angeregt, „die (fachliche) Bachelorarbeit durch eine mündliche Zwischenprüfung zu ersetzen, [dies] wird damit begründet, dass es für Lehrer:innen besonders wichtig sei, physikalische Grundlagen im mündlichen Vortrag überzeugend erklären zu können, was vor einer solchen Prüfung besser geübt und in der Prüfung besser bewertet werden könnte.“ (DPG, 2023, Seite 47). Die Forderung macht deutlich, dass der Förderung der Erklärfähigkeit in der Lehrkräftebildung somit eine besondere Rolle zugeordnet wird. Daher ist das Ziel dieser Arbeit eine Möglichkeit zu finden, die Erklärfähigkeit der Studierenden zu verbessern.

Entwicklungs- und Forschungsvorhaben

Bei einer guten Erklärung sollten nach Kulgemeyer (2020) sieben Kernideen berücksichtigt werden. Es handelt sich hier explizit um unterrichtliches Erklären als instruktionale Erklärungen. Dabei sind instruktionale Erklärungen vor allem sprachliche Handlungen, die eine Lehrkraft mit der Absicht, Inhalte zu vermitteln, vornimmt (Kulgemeyer, 2020).

Bei den sieben Kernideen handelt es sich um *Adressaten berücksichtigen, Veranschaulichungswerkzeuge benutzen, Relevanz verdeutlichen und Prompts nutzen, Struktur geben, präzise und kohärent erklären, Konzepte und Prinzipien erklären* und *in den Unterrichtsgang einbetten* (Kulgemeyer, 2020, Seite 409 ff.).

Die Kriterien kommen hauptsächlich aus theoretischen Überlegungen der Psychologie und den Fachdidaktiken und wurden von Kulgemeyer (2020) zusammengestellt. Bisher gibt es keine abschließende empirische Überprüfung des Modells hinsichtlich Vollständigkeit und Wirksamkeit. Für eine weitere empirische Überprüfung des Modells können einzelne Merkmale und Merkmalszusammenhänge einzeln getestet werden. Zudem beziehen sich einige dieser Kernideen auf sehr konkrete Situationen im Unterricht, die in der Lehrkräftebildung nur wenig glaubwürdig simuliert werden können. Die beiden Kernideen *Struktur geben* und *Veranschaulichungswerkzeuge* hingegen können im Studium vorbereitet werden, sie sind weitestgehend unabhängig von realen Situationen und können trainiert werden (Kulgemeyer, 2020, Seite 419). Deshalb werden in dieser Studie bei der Kernidee *Struktur geben* die Erklärkette und bei der Kernidee *Veranschaulichungswerkzeuge benutzen* die Sketchnotes als Instrumente hinzugezogen.

Forschungsfrage und geplante Erhebung

Einzelne Aspekte des Modells von Kulgemeyer (2020) sollen in einer Lehrveranstaltung systematisch variiert und erprobt werden. Dazu wird eine Intervention entwickelt und in universitären Kursen, in denen es explizit ums Experimentieren geht, eingebettet. Bei der Intervention wird folgender Frage nach gegangen:

Inwiefern kann der Einsatz von Erklärketten in Kombination mit Sketchnotes bzw. visuellen Hilfen die Erklärfähigkeit der Studierenden verbessern?

Das Studiendesign zur Beantwortung der Frage kann dazu wie folgt aussehen. Während die Inhalte der Lehrveranstaltung zum Thema Experimentieren vermittelt werden, erhalten die Studierenden verknüpft damit eine Intervention zur Erklärkette mit Übungen. Vor der Intervention füllen die Studierenden einen Prätest zur Erklärfähigkeit nach Kulgemeyer aus (Bartels, 2018). Nach der Intervention wird derselbe Test als Posttest wieder ausgefüllt.

Mit anderen Studierenden in derselben Veranstaltung wird die überarbeitete Struktur ein Jahr später durchgeführt. In gleicher Zeiteinheit erhalten die Studierenden eine Intervention mit Erklärkette und Sketchnotes. Auch hier werden vorher und nachher die Erklärfähigkeiten mithilfe desselben Tests erfasst (siehe Abbildung 1).

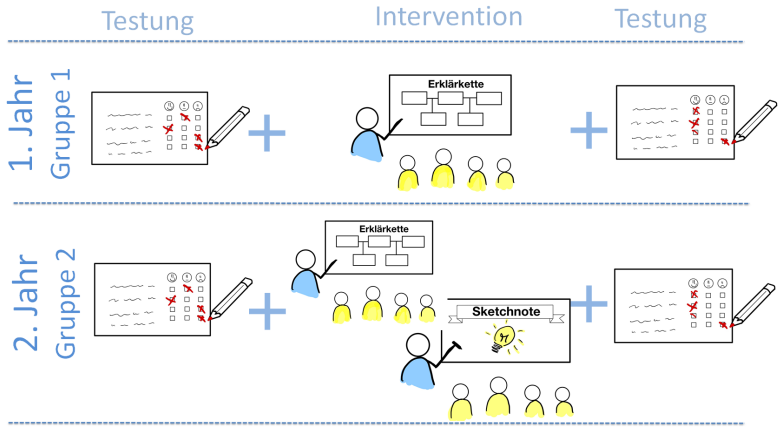


Abbildung 1: visuelle Erklärung des vorerst geplanten Studiendesigns

Nach dem Modell wird erwartet, dass die Studierenden in beiden Settings im Posttest höhere Werte bzgl. der Erklärfähigheit erzielen als im Prätest. Durch die Hinzunahme eines weiteren Aspekts müsste die Erklärfähigkeit der Studierenden größer sein. So wird aufgrund des Modells auch erwartet, dass sich dieser Unterschied in der Kohorte mit den beiden Aspekten Erklärkette und Sketchnotes deutlicher zeigt.

Einer Erklärung eine Struktur geben

Durch eine klare *Struktur* können dem Lernenden Zusammenhänge verdeutlicht und Modelle aufgebaut werden (Kulgemeyer 2020, Seite 413).

Um der Erklärung eine Struktur zu geben, kann die Erklärkette nach Helms genutzt werden (Helms, 2017). Die Erklärkette wurde für Schüler:innen entwickelt, um ihnen einige Aspekte des Erklärens zu verdeutlichen (*logische Struktur, Elemente einer Erklärung, Vollständigkeit, Verknüpfung der Aussagen miteinander*) (Helms, 2017, Seite 29). Insbesondere sollten die Lernenden „im Aufbau einer logisch strukturierten und vollständigen Erklärung“ im schriftlichen Bereich trainiert werden (Helms, 2017, Seite 29). Die Erklärkette besteht aus einer festen Struktur, die im Wesentlichem dem Argumentationsschema nach Toulmin folgt (Helms, 2017, Seite 26). In der Abbildung 2 ist ein möglicher Aufbau dargestellt. Helms weist

allerdings darauf hin, dass mindestens zwei Aussagen vorhanden sein müssen, die mit einer Begründung verknüpft werden (Helm, 2017, Seite 29).

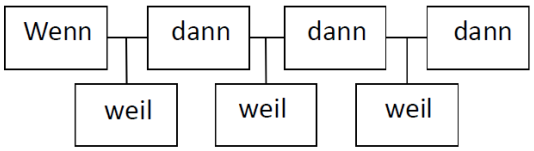


Abbildung 2: Schema der Erklärkette nach Helms (Helms, 2017, Seite 29)

Erste Ergebnisse zeigen, dass ein Aufstellen der Erklärkette, sowie die sprachliche Ausgestaltung für Studierende herausfordernd sind. Somit ergibt sich Weiterentwicklungsbedarf, beispielsweise in der sprachlichen Verbindung der Elemente (wenn - dann - weil) und in der Erinnerung der Erklärung (mehrere, alle sehen gleich aus).
Der Aspekt *Struktur geben* wird nun durch einen weiteren Aspekt *Veranschaulichungswerkzeuge benutzen* mit Sketchnotes ergänzt.

Bei einer Erklärung Veranschaulichungswerkzeuge nutzen
Die Erklärkette wird mit visuellen Hilfen ergänzt. Dies entspricht der zweiten Kernidee *Veranschaulichungswerkzeuge nutzen* nach Kulgemeyer. Dabei werden innerhalb dieses Aspekts vier Bereiche (Sprachebene, Beispiele und Analogien, Mathematisierungsgrad und Darstellungsformen und Experimente) zusammengefasst, die je nach Adressatengruppe angepasst werden muss (Kulgemeyer, 2020, S. 411). Insbesondere hier sollen die Darstellungsformen fokussiert werden. Diese sind hilfreich im Sinne des dual coding, wenn Abbildungen die Verbalisierung direkt repräsentieren (Kulgemeyer, 2020, S. 412).
Die Idee ist es nun zur Ergänzung der Erklärkette visuelle Hilfen in Form von Sketchnotes einzubeziehen. Es handelt sich dabei um kleine visuelle Notizen, die es ermöglichen, Inhalte während der Anfertigung vertieft zu durchdringen und die Merkfähigkeit zu erhöhen (Berger, 2012). Dabei ist es charakteristisch, sich sogenannte Symbolbibliotheken aufzubauen, die Inhalte repräsentieren.

Beispiel
Zur Veranschaulichung der Grundidee erfolgt hier ein mögliches Beispiel (Abbildung 3), in dem die Erklärkette mit Sketchnotes kombiniert wurde. Die einzelnen Erklärungsschritte wurden visuelle unterstützt dargestellt.

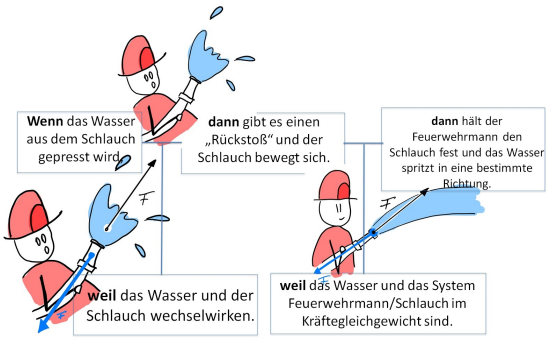


Abbildung 3: Beispiel Kombination aus Erklärkette und Sketchnotes

Literatur

Bartels, H., & Kulgemeyer, C. (2018). Explaining physics: an online test for self-assessment and instructor training. *European Journal of Physics*, *40*(1), 015701.

Berger, K. (2012). *Bilder, Animationen und Notizen: empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik* (Vol. 136). Logos Verlag Berlin GmbH.

Cwielong, I. A., & Kommer, S. (2020). Wozu noch Schule, wenn es YouTube gibt?. *Bildung, Schule, Digitalisierung*, 38.

DPG (2023). Das Lehramtsstudium Physik in Deutschland. Woitzik, A., Mecke, K., Düchs, G., Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.

Hattie, J. (2003). Teachers Make a Difference, What is the research evidence?.

Helms, C. (2017). *Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle* (Vol. 219). Logos Verlag Berlin GmbH

Leisen, J. (2022). *Sprachbildung und sprachsensibler Fachunterricht in den Naturwissenschaften*. Kohlhammer Verlag.

Kiel, E. (1999). Erklären als didaktisches Handeln. Würzburg: Ergon.

Kulgemeyer, C. (2020). Erklären im Physikunterricht. In: Kircher, E., Girwidz, R., Fischer, H. (eds) Physikdidaktik | Grundlagen. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_11

StudO Physik. (2020). https://www.uni-potsdam.de/de/studium/konkret/rechtsgrundlagen/studien ordnungen/physik. Zuletzt geprüft: 27.10.2023

Wragg, E. & Wood, E. (1984). Pupil appraisals of teaching. In E. Wragg (Hrsg.), Classroom Teaching skills (S. 79–96). London: Croom Helm. https://doi.org/10.4324/9780203135983

Wörn, C. (2014). Unterrichtliche Erklärsituationen. Eine empirische Studie zum Lehrerhandeln und zur Kommunikation im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I (Didaktik in Forschung und Praxis, 74). Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Viktoria Konieczny[1]
Heiko Krabbe[1]
Vivien Heller[2]

[1]Ruhr-Universität-Bochum
[2]Bergische Universität Wuppertal

Untersuchung von Erklärungen in konzeptbildenden Unterrichtsgesprächen

Motivation und theoretischer Hintergrund

Erklären als diskursive Praktik dient der Konstruktion von Wissen (Heller et al., 2017). Während Lehrererklärungen (Heinze & Rincke, 2018) und die Qualität von Erklärvideos (Kulgemeyer, 2016; Sterzing et al., 2022) in der deutschsprachigen Physikdidaktik bereits untersucht wurden, liegen Untersuchungen zu Erklärungen im mündlichen Unterrichtsdiskurs bislang nur in der Mathematik vor (Erath, 2017). Beim Aushandeln physikalischer Konzepte im Unterricht spielen Erklärungen durch Lehrende und Lernende eine zentrale Rolle (Lemke, 1990). Hierfür ist es wichtig zu untersuchen, wie Erklärungen im realen Physikunterricht sprachlich-diskursiv und interaktiv realisiert werden. Ziel ist es, sprachlich-diskursive Realisierungen zur Wissensvermittlung und zum Wissensaufbau zu beschreiben und für den Konzeptaufbau förderliche Interaktionsmuster zu identifizieren.

Forschungsfragen

FF1: Welche erklärenden Diskurseinheiten lassen sich in Physikunterrichtsstunden finden?

FF2: Wie lässt sich die fachliche Konzeptualisierung und die Umsetzung in den erklärenden Diskurseinheiten charakterisieren?

FF3: Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zeigen sich in den erklärenden Diskurseinheiten zwischen verschiedenen Lehrkräften?

Forschungsdesign

Rahmenbedingung

Für die Analyse der Unterrichtsdiskurse in den Physikstunden stehen 38 konzeptbildende Unterrichtvideos aus der Studie von Zander (2016) zur Verfügung, die hinsichtlich der Phasen des Basismodells Konzeptbildung von Oser & Baeriswyl (2001) kodiert wurden. Diese Unterrichtsstunden haben jeweils eine Dauer zwischen 60-90 Minuten. An der Studie haben 15 verschiedenen Lehrkräften teilgenommen, von denen jeweils bis zu 4 videographierten Unterrichtseinheiten vorhanden sind.

Design und Methodik

Untersucht werden konzeptbildende Unterrichtssequenzen, die bereits nach dem Basismodell Konzeptbilden von Oser & Baeriswyl (2001) kodiert wurden. Der Fokus liegt auf der zweiten Phase (KB2, Durcharbeiten eines Prototyps) und der dritten Phase (KB3, Beschreibung der wichtigen Merkmale des Konzepts) des Basismodells, zwischen denen ein Wechsel zwischen konkret-anschaulichen und abstrakten Vorstellungen erwartet wird. Dies könnte sich auf das Diskursverhalten auswirken, u.a. durch einen Wechsel des Sprachregisters von Alltags- zur Fachsprache. Es sollen in der Analyse sowohl sprachlich-diskursive Aspekte untersucht werden als auch die kognitiven physikalisch-rekonstruktiven Prozesse. Zur Analyse der sprachlichen Handlungen in den videografierten Unterrichtsdiskursen dient die

Diskursanalyse von Heller et al. (2017) und Quasthoff et al. (2017). Darin werden unterschiedliche diskursive Praktiken (z. B. beschreiben, erklären) und Vertextungsverfahren (z. B. Abstrahieren, Situieren) betrachtet. Die Analyse der physikalischen Konzeptualisierung erfolgt auf Basis des kognitiven Verstehensmodells von Drollinger-Vetter (2011). Das Modell aus der Mathematik unterscheidet drei Ebenen. Die unterste Ebene enthält Verknüpfungen zwischen Verstehenselementen, die notwendig sind, um das Konzept in seinen Facetten vollständig verstehen zu können. In der Ebene darüber befinden sich die unterschiedlichen Darstellungsformen des Konzepts. Die verschiedenen Verstehenselemente werden nach Drollinger-Vetter (2011) in den Darstellungsformen verdichtet, die dadurch ebenfalls miteinander verknüpft werden. Die letzte und oberste Ebene beschreibt die Konzeptebene. Die verschiedenen Darstellungsformen werden hier zu dem Konzept als Ganzes verdichtet und mit anderen Konzepten verknüpft. Wird der Prozess in die entgegengesetzte Richtung betrachtet, spricht Drollinger-Vetter (2011) von einem Entfalten des Konzepts. Ein Konzept kann damit in seine Darstellungsformen und die Darstellungsformen wiederrum in die verschiedenen Verstehenselemente entfaltet werden. Die konzeptbildenden Unterrichtsgespräche sollen aus physikdidaktischer Perspektive in Hinblick auf dieses Prinzip des Verdichtens und Entfalten von Konzepten analysiert werden. Als Hintergrundtheorie für die Beschreibung der Darstellungsformen wird das EIS-Prinzip von Bruner (1974) genutzt. Bruner (1974) setzt drei zentrale Darstellungsformen in den Mittelpunkt. Zum einen die enaktive Darstellungsform, in die alle handelnden Aspekte fallen, die ikonische Darstellungsformen, in der er alle bildlichen und visuellen Darstellungen kategorisiert, und die symbolische Darstellungsform, zu der sowohl sprachliche, aber auch mathematische Symbole und Zeichen zugeordnet werden.
Für die Analyse werden die Gesprächsabschnitte in den Dimensionen Vertextung und Konzeptualisierung kodiert und so verschiedenen Diskursverläufe identifiziert.
In der Dimension Vertextung wird zwischen situations- bzw. kontextfreien und situations- bzw. kontextgebunden Gesprächsabschnitten differenziert. Situations- bzw. kontextfrei meint dabei eine allgemeine, abstrahierte Formulierung des Inhalts, situations- bzw. kontextgebunden bezeichnet dagegen die Verbindung mit einem konkreten Beispiel. Beispielsweise ist die Aussage, „wenn ich in kürzerer Zeit die gleiche Strecke laufe, bin ich schneller“ situationsfrei, aber die Aussage „wenn ich nur 5 min statt 5 Stunden von hier bis ins Lehrerzimmer laufe, bin ich schnell“ eine situationsgebundene Aussage.
Hinsichtlich der Konzeptualisierung werden die Gesprächsabschnitte nach Verdichtung und Entfaltung geordnet. Mit Verdichtet ist gemeint, dass das Konzept als Ganzes angesprochen und mit anderen Konzepten verknüpft wird, z. B. in Definitionen wie „die Geschwindigkeit ist die zurückgelegte Strecke durch die benötigte Zeit“. Entfaltet bedeutet dagegen, dass elementare Aussagen zu dem Konzept formuliert werden, die in der Definition enthalten sind, z.B. „die Geschwindigkeit ist größer, wenn in gleicher Zeit eine größere Strecke zurückgelegt wird“.

Die Diskursanalyse der kommunikativen Praktiken und die Analyse der Konzeptualisierungen in den videographierten Unterrichtdiskuren werden in drei zentralen Schritten analysiert. Zuerst werden die zweite und dritte Phase des Basismodells Konzeptbildens in den videographierten Unterrichtssequenzen identifiziert und gekennzeichnet. Aus diesen Abschnitten werden dann nur die konzeptrelevanten Inhalte ausgewählt. Im zweiten Schritt werden die Gesprächsinhalte nach Verstehenselementen und nach der verwendeten Darstellungsform kategorisiert. Die Kategorisierung der Darstellungsformen orientiert sich am EIS-Prinzip von Bruner (1974), das heißt sie werden in enaktiv (körperlich-gestisch),

ikonisch und symbolisch eingeteilt. Im letzten Schritt werden die Gesprächsabschnitte in eine zeitliche Reihenfolge gebracht, sowie in die Dimensionen Vertextung und Konzeptualisierung eingeteilt. Diese Vorgehensweise bietet dann die Grundlage für die weitere Beschreibung der konzeptbildenden Diskurse im Physikunterricht.

Erste Ergebnisse

Bislang wurden zwei Stunden zur Einführung des Geschwindigkeitsbegriffs in Klasse 8 von zwei unterschiedlichen Lehrkräften analysiert. Bei der einen Lehrkraft handelt es sich um einen Lehramtsanwärter (Novizen) bei der anderen um eine berufserfahrene Lehrkraft (Experten). Erste Ergebnisse zeigen charakteristische Unterschiede zwischen den beiden Lehrkräften. Während der Novize einen sachorientierten und eng geführten Gesprächsverlauf aufweist, zeigt sich bei dem Experten ein deutlicherer Bezug auf die Schülerinnen und Schüler und eine flexiblere Gesprächsführung. Beide Lehrkräfte entfalten in der zweiten Phase des Basismodells Konzeptbildens („Durcharbeiten eines Prototyps“) das Konzept und verwenden dabei eine situations- bzw. kontextfreie Vertextung. Deutlich wird, dass es in dem Unterricht des Experten weitaus mehr konzeptrelevante Beiträge der Schülerinnen und Schüler gibt, wohingegen bei der Stunde des Novizen dieser selbst die konzeptrelevanten Inhalte einführt. Diese Art der Gesprächsführung zeigt sich auch in weiteren KB2-Phasen der analysierten Unterrichtsstunden der jeweiligen Lehrkräfte. Für die KB3-Phase zeigt sich in der aktuellen Analyse ein im Vergleich zur KB2-Phase viel mehr verdichteter Diskurs. In Bezug auf die Lehrkräfte wiederholen sich die Muster in der individuellen Gesprächsführung, wie es bereits in den ersten beiden analysierten Phasen zu sehen ist. Das bedeutet, dass die Analyse bis jetzt zeigt, dass die Lehrkräfte in ihrer Gesprächsführung konsistent sind. Dabei unterscheidet sich der Experte von dem Novizen, indem er weitaus mehr die konzeptrelevanten Inhalte, die von den Schülerinnen und Schülern genannt werden, mit einbezieht.

Ausblick

Die ersten Analysen erscheinen aufschlussreich zu sein, da charakteristische Unterschiede in den Unterrichtsdiskursen herausgearbeitet werden können. Das Vorgehen soll nun auf weitere Videos angewendet und optimiert werden. Dazu steht eine Präzisierung der Kategorien, insbesondere der Darstellungsformen und der Verstehenselemente aus. Indem mehrere Stunden einer Lehrkraft analysiert werden, soll geprüft werden, inwiefern das Diskursverhalten vom Inhalt oder von der Lehrkraft abhängt. Damit soll die Grundlage für einen Vergleich und eine mögliche Typisierung von Lehrkräften geschaffen werden. Ziel ist es, so für den Physikunterricht eine Beschreibung und Bewertung der sprachlich-diskursiven Realisierungen zur Wissensvermittlung und zum Wissensaufbau zu erhalten.

Literatur

Bruner, J. S., & Harttung, A. (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie* (Vol. 5). Berlin-Verlag.

Drollinger-Vetter, B. (2011). *Verstehenselemente und strukturelle Klarheit.* Waxmann Verlag.

Erath, K. (2017). *Mathematisch diskursive Praktiken des Erklärens.* Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16159-0.

Heinze, J., & Rincke, K. (2018). Einfluss sprachlicher Konzeption auf Erklärungen im Physikunterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Kiel. 842-845.

Heller, V., Quasthoff, U., Vogler, A., & Prediger, S. (2017). Bildungssprachliche Praktiken aus professioneller Sicht: Wie deuten Lehrkräfte Erklärungen und Begründungen von Kindern. In Ahrenholz, B., Hövelbrinks, B., & Schmellentin-Britz, C. (Hrsg.) (2017) *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Narr Francke Attempto Verlag. 139-160.

Kulgemeyer, C., & Peters, C. H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 1–14. https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705.

Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values.* Ablex Publishing Corporation.

Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. *Handbook of research on teaching*, 4, 1031-1065.

Quasthoff, U., Heller, V., & Morek, M. (2017). On the sequential organization and genre-orientation of discourse units in interaction: An analytic framework. *Discourse Studies*, 19(1), 84-110.

Sterzing, F., Kulgemeyer, C., & Reinhold, P. (2021). Untersuchung zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos. In Habig, S., & van Vorst, H. (Hrsg.). *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Virtuelle Jahrestagung. 120-123.

Zander, S. (2016). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen* (Vol. 201). Logos Verlag Berlin GmbH.

Beate Fichtner[1]
Katharina Groß[1]

[1]Universität zu Köln

Vorstellungen von Lehrenden zur Erklärung im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Die instruktionale Lehrer:innenerklärung bzw. Unterrichtserklärung ist eine vorbereitete, verbale Darlegung eines Fachinhalts im Lehr-Lern-Kontext, die von einer Lehrperson an die Schüler:innen im Rahmen einer Kommunikationssituation gegeben wird, mit dem Ziel Verständnis zu generieren bzw. es zu erweitern (Vogt, 2016; Kulgemeyer, 2020). Als Qualitätskriterien einer Lehrer:innenerklärung gelten grundsätzlich sprachliche Verständlichkeit, Strukturiertheit, Maßnahmen der Unterstützung, Adressatenorientierung, Sprech- und Körperausdruck und fachspezifische Qualitätskriterien (Geelan, 2013; Kulgemeyer, 2020; Lindl et al., 2019). Mit Blick auf die Lehrer:innen stellt das Erklären eine Grundtätigkeit des Unterrichtens dar und bildet einen wesentlichen Bestandteil des fachspezifischen Professionswissens (Osborne & Patterson, 2011; Baumert & Kunter, 2011; Elmer & Tepner, 2019). In physikdidaktischer Forschung haben insbesondere Untersuchungen von Kulgemeyer zu zentralen Erkenntnissen hinsichtlich instruktionaler Lehrer:innenerklärungen im Physikunterricht geführt. Das interdisziplinäre FALKE-Projekt zielt auf die fachübergreifende Identifikation zentraler Aspekte von Unterrichtserklärungen und die Erfassung ihres Einflusses auf die wahrgenommene Erklärqualität aus Sicht verschiedener Statusgruppen ab (Lindl et al., 2019). FALKE-C fokussiert dabei das Fach Chemie (Elmer & Tepner, im Druck). Obwohl die Lehrer:innenerklärung einen wesentlichen Teil des Chemieunterrichts ausmacht, gibt es bisher kaum Erkenntnisse darüber, wie Chemielehrer:innen selbst die Bedeutung von Erklärungen einschätzen und welche Vorstellungen sie über eine „gute“, d. h. die allgemeinen Qualitätskriterien berücksichtigende Erklärung haben.

Zielsetzung und Untersuchungsdesign

Die explorative Interviewstudie hat deshalb zum einen das Ziel, zu erheben, welche grundlegende Bedeutung Chemielehrende der Lehrer:innenerklärung spezifisch für den Chemieunterricht beimessen. Zum anderen zielt die Untersuchung darauf ab, die Vorstellung der Chemielehrenden hinsichtlich zentraler Facetten der Unterrichtserklärung und deren jeweiligen Bedeutung aufzuschlüsseln. Die zugrundeliegenden Untersuchungsfragen (UF) lauten daher:
UF1: Welche unterrichtliche Bedeutung messen Chemielehrkräfte der instruktionalen Lehrer:innenerklärung bei?
UF2: Welche Vorstellungen haben Chemielehrkräfte von den einzelnen Facetten einer instruktionalen Lehrer:innenerklärung im Rahmen des Chemieunterrichts?
Zur Beantwortung der Untersuchungsfragen wurden halbstrukturierte leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit bisher acht Chemielehrer:innen verschiedener Schulformen durchgeführt. Die Interviewdaten wurden transkribiert und mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) inhaltlich strukturierend ausgewertet sowie mit drei Intercoder:innen konsensuell kodiert (Kuckartz, 2018).

Darstellung und Diskussion erster Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse hinsichtlich der Bedeutung, die die Chemielehrer:innen der Erklärung im Chemieunterricht beimessen (UF1), zeigen ein ambivalentes Bild. Die Lehrpersonen

schreiben der Lehrer:innenerklärung eine hohe Bedeutung im Chemieunterricht aus Sach- und Adressatenperspektive zu (Kategorie K_B1 *Vorzüge*). Aus Sachperspektive ist die Lehrer:innenerklärung aufgrund der abstrakten chemischen Inhalte besonders bedeutsam und es werden häufig Warum-Erklärungen (Findeisen, 2017) gegeben, in deren Rahmen insbesondere die Hintergründe komplexer chemischer Phänomene thematisiert werden: „Das haben wir jetzt gemacht und jetzt wollen wir uns aber nochmal anschauen: Warum ist das denn so?“ (3A, Pos. 83). Aus Adressatenperspektive spielt die Unterrichtserklärung aufgrund der Möglichkeit der individuellen Fokussetzung und Adaption des Fachinhalts an die Schüler:innen eine bedeutsame Rolle: „Die Schüler erhalten den Fachinhalt [durch eine Lehrer:innenerklärung] gut vorbereitet, schüleradressiert, die Informationen präsentierend.“ (4B, Pos. 15). Deutlich wird, dass die Lehrer:innenerklärung im Unterricht aus Sicht der Befragten einen wichtigen Vorteil im Hinblick auf die Erarbeitung eines (theoretischen und abstrakten) Fachinhalts besitzt: sie bietet dem Lehrenden die Möglichkeit der stärkeren Interaktion und Adaption an die individuellen Lernvoraussetzungen der jeweiligen Schüler:innengruppe (Wittwer & Renkl, 2008): „Ich [die Lehrperson] [kann] bei einer Erklärung direkt auf Rückfragen eingehen, was Buch und Video nicht kann.“ (2B, Pos. 26). Demnach besitzt sie aus Sicht der Befragten grundsätzlich eine hohe Bedeutung, vor allem dann, wenn die Erklärung der Chemielehrenden an die Belange der Lernenden angepasst wird (vgl. auch Acuña et al., 2011). Trotz der grundsätzlich beigemessenen Bedeutsamkeit der Lehrer:innenerklärung, konnotieren die Befragten sie teils auch negativ (Kategorie K_B2 *Einschränkungen*). Sie vergleichen die Unterrichtserklärung häufig mit einem Monolog und/oder einer Vorlesung, die mit keiner Schülerinteraktion einhergeht: „Ich habe […] keine Interaktion mit den Schülern.“ (1B, Pos. 11). Das macht deutlich, dass die begriffliche Bedeutung der Lehrer:innenerklärung im Sinne der Literatur (Kulgemeyer, 2020; Elmer & Tepner, im Druck) bei den befragten Chemielehrer:innen nicht gegenwärtig ist bzw. von dieser abweicht. Demnach muss es Aufgabe der Lehrer:innenbildung sein, dass sich angehende Lehrkräfte mit dem Konzept des Erklärens frühzeitig auseinandersetzen, dieses praktisch einüben und ihre Einsatzmöglichkeiten stets reflektieren. Im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) wurden mit Blick auf die Beantwortung der UF2 drei Kategorien aus den Interviewdaten herausgearbeitet, die die Vorstellung der befragten Chemielehrenden von einer guten Unterrichtserklärung widerspiegeln (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Auszug aus dem Kategoriensystem zu den Vorstellungen von Chemielehrkräften (N=8) hinsichtlich bedeutsamer Aspekte einer guten Unterrichtserklärung

Kategorien	**Ankerbeispiel**	**Ergebnisse**
K_F1 *Erklärgegenstand* $n_{Codierungen}$ = 33/348	„Ich versuche [den Erklärgegenstand] [...] zu verknüpfen mit dem Wissen, was die Schüler schon in dem Themengebiet haben.“ (4B, Pos. 27)	Die Lehrer:innen sehen eine hohe Bedeutung in der fachinhaltlichen und fachsprachlichen Korrektheit, der Vernetzung der Fachinhalte und der Berücksichtigung chemiespezifischer Repräsentationsformen.
K_F2 *Erklärprozess* **$K_F2.1$** *Strukturiertheit* $n_{Codierungen}$ = 25/348	„Ich versuche das logisch und kleinschrittig zu machen.“ (2B, Pos. 50).	Die Lehrer:innen sehen eine hohe Bedeutung in der Zielklarheit, dem logisch-stringenten Vorgehen sowie der

K_F2.2 *Maßnahmen der Unterstützung* $n_{Codierungen}$ = 103/348	„Ich [möchte] bei einer Erklärung auf möglichst viele Kanäle von Schülern ansprechen." (1A, Pos. 7)	Fokussierung des fachlichen Lerninhalts und des fachlichen Lernziels. Außerdem messen die Lehrer:innen dem Einsatz fachlicher und überfachlicher Unterstützungsmaßnahmen Bedeutung bei.
K_F3 *Adressaten der Erklärung* $n_{Codierungen}$ = 187/348	„[Die Erklärung] muss an das Vorwissen der Schüler:innen anknüpfen. Wenn ich irgendwas erkläre, wo die Schüler:innen die Basis gar nicht für haben, dann bringt das nichts." (2B, Pos. 55)	Die Lehrer:innen sehen eine hohe Bedeutung in adressatenbezogenen Aspekten, wie der Berücksichtigung des Vorwissen und der individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler:innen, dem aktiven Einbezug der Lernenden sowie einem schüler:innenadäquaten Einsatz der Sprache.

Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass sich die Aussagen der befragten Chemielehrer:innen zu den Aspekten, die aus ihrer Sicht eine gute Unterrichtserklärung kennzeichnen, mit den allgemeinen Qualitätskriterien aus der Literatur (u. a. Lindl et al., 2019) decken. Den einzelnen Aspekten bzw. Facetten einer Unterrichtserklärung wird allerdings, gemessen an der Anzahl der Nennungen sowie der inhaltlichen Qualität der Aussagen, eine verschieden starke Gewichtung und demzufolge eine unterschiedliche Bedeutung beigemessen. Die Chemielehrer:innen schreiben adressatenbezogenen Aspekten (Kategorie K_F3) die höchste Bedeutung zu. Dabei unterstreichen sie – nicht zuletzt aufgrund ihrer zuvor genannten Bedenken über die Unterrichtserklärung als potenzieller Monolog – explizit die Bedeutung des aktiven Einbezugs der Lernenden in eine gute Unterrichtserklärung („Wie merke ich, dass sie [die Schüler:innen] das [...] verstanden haben? Zwischendurch natürlich immer Fragen [...] einbauen [...]." (3B, Pos. 70)) sowie des für die Schüler:innen verständlichen und dem Erklärgegenstand angemessenen Einsatzes der Sprache (u. a. Artikulation, Komplexität des Sprachakts), der Mimik und Gestik sowie der Stimme („In einem langsamen Tempo. Natürlich auch immer mit Blickkontakt." (1A, Pos. 7)). Im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse können auch fachspezifische Besonderheiten der Lehrer:innenerklärung für den Chemieunterricht identifiziert werden (vgl. K_F1). Dazu zählen aus der Sachperspektive z. B. die Vernetzung chemischer Inhalte, die fachinhaltliche sowie -sprachliche Korrektheit, der Einbezug chemiespezifischer Repräsentationsformen und in Verbindung mit der Adressatenorientierung die Bedeutung eines adäquaten Schülervorwissens. Wenngleich es sich um eine qualitative Untersuchung mit einer geringen und wenig diversen Stichprobe handelt, können diese ersten Ergebnisse ein zielführender Ansatz sein, um fachspezifische Merkmale einer guten Unterrichtserklärung für den Chemieunterricht aus Sicht praktizierender Chemielehrer:innen näher zu beleuchten und vor allem auch in Abgrenzung zu anderen Fächern weiter auszudifferenzieren.

Fazit und Ausblick

In den Vorstellungen der Befragten spiegeln sich die allgemeinen Qualitätskriterien der Literatur (Geelan, 2013; Kulgemeyer, 2020; Elmer & Tepner, im Druck) wider, allerdings werden die einzelnen Kriterien von den Lehrer:innen verschieden stark gewichtet. Langfristig soll der Fokus auf den Einfluss fachspezifischer Aspekte der Lehrer:innenerklärung auf die allgemeine Güte der Unterrichtserklärung sowohl aus Sicht von Lehrenden als auch aus Sicht von Schüler:innen gesetzt werden.

Literatur

Acuña, S. R., Rodicio, H. G. & Sánchez, E. (2011). Fostering active processing of instructional explanations of learners with high and low prior knowledge. European Journal of Psychology of Education, 26 (4), 435-452.

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter u. a. (Eds.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 29-54.

Elmer, M. & Tepner, O. (2019). Wahrnehmung und Wirksamkeit von Erklärungen im Fach Chemie. In C. Maurer (Eds.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2019. Regensburg: Universität Regensburg, 289-292.

Elmer, M. & Tepner, O. (im Druck). Erklären im Chemieunterricht (FALKE-C) – eine empirische Studie zur Einschätzung instruktionaler Erklärungen. In A. Schilcher, S. Krauss, A. Lindl & S. Hilbert (Eds.), Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Erklären. Weinheim: Beltz, 1-40.

Findeisen, S. (2017). Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen. Eine Untersuchung zum Erklären im Rechnungswesen. Wiesbaden: Springer.

Geelan, D. (2013). Teacher Explanation of Physics Concepts: A Video Study. Research in Science Education 43, 1751-1762.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden. Weinheim, Basel: Beltz.

Kulgemeyer, C. (2020). Erklären im Physikunterricht. In E. Kirchner, R. Girwidz & H. E. Fischer (Eds.), Physikdidaktik. Grundlagen. Berlin: Springer, 403-426.

Lindl, A. et al. (2019). Eine ‚gute' Erklärung für alle?! Gruppenspezifische Unterschiede in der Beurteilung von Unterrichtsqualität – erste Ergebnisse aus dem interdisziplinären Forschungsprojekt FALKE. In T. Ehmke, P. Kuhl & M. Pietsch (Eds.), Lehrer. Bildung. Gestalten. Beiträge zur empirischen Forschung in der Lehrerbildung. Weinheim: Beltz, 128-141.

Osborne, J. F. & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? Science Education, 95 (4), 627-638.

Vogt, R. (2016). Die Organisation von Erklärprozessen im Unterricht. In R. Vogt (Eds.), Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven. Tübingen: Stauffenburg, 195-225.

Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. Educational Psychologist 43 (1), 49-64.

Rebecca Möller[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Nutzung der Familiensprachen durch Schüler:innen in sprachexplizitem Physikunterricht

Für einen großen Teil der Schüler:innen in Deutschland ist Mehrsprachigkeit im Alltag der Normalfall. In der Schule hingegen herrscht jedoch weiterhin der „monolinguale Habitus“ (Gogolin, 2008), demnach ist Deutsch die einzige zulässige Sprache im Unterricht. Ausgehend von konstruktivistischen Lerntheorien kann der Einbezug von Familiensprachen in den Unterricht das fachliche Lernen unterstützen (Schüler-Meyer et al., 2019) und einen positiven Einfluss auf das Selbstverständnis der Schüler:innen haben (Krumm, 2020). Um für alle Schüler:innen bedarfs- und lernstandsgerechte Lernbedingungen zu schaffen, sollten Familiensprachen im Physikunterricht daher nicht exkludiert werden, sondern als zusätzliche sprachliche Ressource für das Lernen nutzbar gemacht werden. Studien von Decristan et al. (2021) und Meyer & Prediger (2011) zeigen, dass Schüler:innen ihre Herkunftssprachen selten nutzen, selbst wenn es ihnen explizit erlaubt wird. Allerdings beziehen sich diese Studien auf Selbstaussagen der Schüler:innen oder Interviewdaten und lassen keine Aussagen über den beobachtbaren Anteil anderer Sprachen als Deutsch am Unterricht zu.

Im Rahmen des Forschungsprojekts *PhyDiv* (Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität) wurden Schüler:innen explizit dazu ermutigt, ihre Familiensprache im Unterricht zu verwenden. Die Studie *PhyDiv-Mikro* (Mikro-Perspektiven auf Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität) untersucht fallbasiert und anhand von Videoaufnahmen aus dem Unterricht, inwiefern Schüler:innen diese Möglichkeit nutzen. Eine Forschungsfrage lautet: Welchen Anteil haben andere Sprachen als Deutsch im Vergleich zum Deutschen in der Schüler:innen-Schüler:innen-Interaktion? Im Rahmen dieses Tagungsbandbeitrags werden erste Ergebnisse zu dieser Forschungsfrage von 2 von insgesamt 5 Schüler:innengruppen, die die gleiche Familiensprache haben, vorgestellt. Jeweils 2 der insgesamt 6 Unterrichtsstunden wurden untersucht. Für die Beantwortung der Forschungsfrage auf Basis der beiden exemplarischen Schüler:innengruppen werden zunächst die Auswahl des jeweiligen Einzelfalls begründet und der Unterrichtskontext und die Forschungsmethode beschrieben.

Fallauswahl und Unterrichtskontext

PhyDiv-Mikro greift auf Daten des PhyDiv-Projekts zurück. Im Rahmen der Interventionsstudie PhyDiv wurden in 9. Klassen 6 Doppelstunden zum Thema „Energie“ unterrichtet (Möller & Höttecke, 2023; Schauer et al., 2023). Für die Videoanalyse wurden von insgesamt 9 Klassen, die ihre Familiensprachen im Unterricht explizit nutzen durften, 2 Klassen X und Y ausgewählt. Auswahlkriterium war, dass diese von der gleichen Lehrkraft an der gleichen Schule unterrichtet wurden, um Schul- und Lehrkrafteffekte möglichst gering zu halten. Weiterhin sollten möglichst viele Einverständniserklärungen der Schüler:innen vorliegen. Alle Schüler:innengruppen, die mit der Videoaufnahme einverstanden waren, wurden die 6 Unterrichtsstunden hinweg mit Tischkameras gefilmt. Die gefilmten Schüler:innen stammen aus sprachlich sehr diversen Klassen: Von insgesamt 31 Schüler:innen gaben lediglich 2 von 31 an, dass sie nicht mehrsprachig aufwachsen sind. Alle gefilmten Schüler:innen sind mehrsprachig, wobei Türkisch die häufigste Familiensprache ist (Tab. 1). 5 Gruppen haben eine gemeinsame Familiensprache (Tab.1). Aus diesen Gruppen liegt ein Datensatz mit ca. 45 Stunden Videomaterial vor.

Tabelle 1: Hintergrundinformationen zu den gefilmten Gruppen.

Klasse	Gruppe	Anzahl Lernende	Ge-schlecht	Vertretene Familiensprachen	Geteilte Familiensprache
X	A	3	w	Türkisch, Bulgarisch	Türkisch
	B	3	m	Türkisch	Türkisch
	C	2	w	Türkisch	Türkisch
	D	3	m	Tunesisch-Arabisch, Albanisch	Keine
Y	E	2-3	w	Türkisch, Pakistanisch	Türkisch
	F	2	m	Türkisch	Türkisch
	G	2-3	w	Türkisch, Albanisch	Keine
	H	2	m	Hausa, Balanka, Englisch	Keine

Den 6 Doppelstunden zum Thema *Energie* wurde eine Unterrichtsstunde als Warm-Up vorgeschaltet, in der eine Auseinandersetzung mit dem Thema Mehrsprachigkeit in der Schule erfolgte. Gemeinsam mit den Schüler:innen wurden Sprachenportraits gemalt (Krumm, 2010). Diese waren Ausgangspunkt für eine neue Sitzordnung. Die Schüler:innen wurden nach Möglichkeit mit Schüler:innen zusammengesetzt, die die gleiche Familiensprache haben wie sie. Um die Verwendung der Herkunftssprachen im Unterricht in den jeweiligen Gruppen zu erproben, erhielten die Schüler:innen den Auftrag, sich gegenseitig ein Experiment zu beschreiben, das von der Lehrkraft durchgeführt worden war. In den darauffolgenden Unterrichtsstunden wurde Mehrsprachigkeit insofern einbezogen, als dass die Schüler:innen in Gruppen- und Arbeitsphasen von der Lehrkraft explizit und wiederholt dazu ermutigt wurden, ihre Familiensprache zu nutzen. Die Sprachvorgabe für Plenumsphasen war Deutsch. Dem Modell mehrsprachigkeitseinbeziehenden Unterrichts von Redder et al. (2022) zu Folge bewegt sich der Unterricht auf der untersten Entwicklungsstufe, denn die Verwendung von Familiensprachen im Unterricht wird nur geringfügig unterstützt. Der Unterricht spiegelt jedoch ein Setting für den Einbezug von Mehrsprachigkeit wider, das Lehrkräfte generell niederschwellig umsetzen könnten und das daher eine hohe Implemetationschance aufweist. Es ist somit als Forschungsgegenstand besonders interessant.

Forschungsmethode und erste Ergebnisse

In diesem Tagungsband werden erste Ergebnisse aus den ersten beiden Doppelstunden der Gruppen A und B vorgestellt (Tab. 1). Die Analyse der Daten erfolgte inhaltsanalytisch anhand der Software MAXQDA, wobei ausschließlich Gruppenarbeitsphasen untersucht wurden. Als erstes wurden im Video die Gruppenarbeitsphasen und nachfolgend die *Sprachverwendung nicht Deutsch* sowie die jeweils gesprochene Sprache kodiert. Um sicherzugehen, dass alle Sequenzen, in denen andere Sprachen als Deutsch gesprochen werden, erfasst wurden, wurden die Videos von zwei unabhängigen Rater:innen doppelt kodiert. Die identifizierten Sequenzen wurden nachfolgend miteinander verglichen, wobei keine wesentlichen Unterschiede in der Kodierung festgestellt wurden. Daran anschließend wurde die *Sprachverwendung Deutsch* einfach kodiert. Das nachfolgende Diagramm stellt den Anteil der jeweiligen Sprachen an der sprachlichen Interaktion insgesamt der Gruppen A und B dar. Alle Schüler:innen der beiden Gruppen haben Türkisch als Familiensprache (Tab.1)

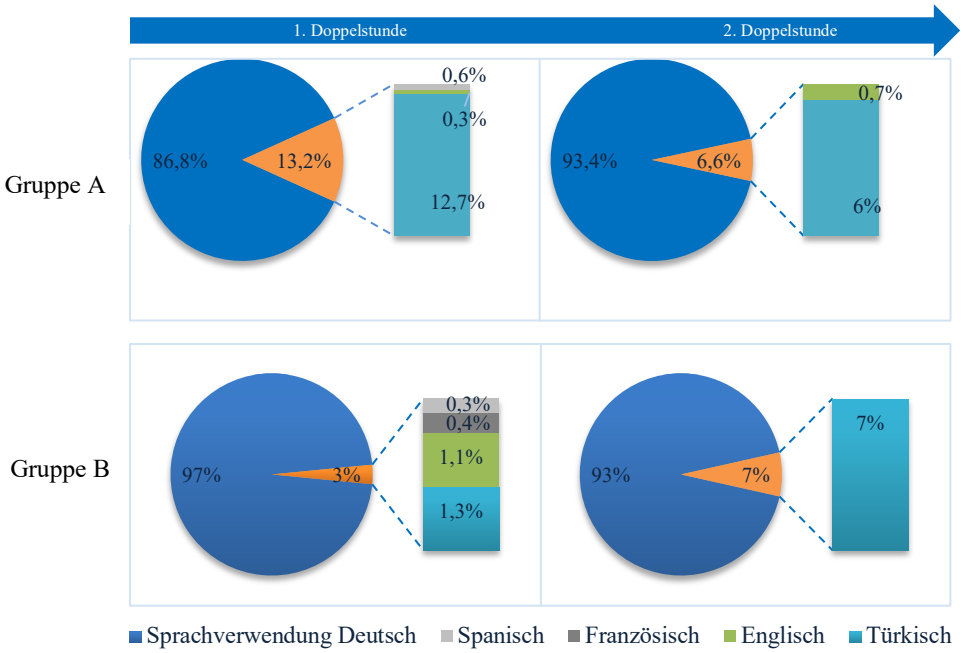


Abbildung 1: Sprachverwendung der Schüler:innen in Gruppe A und B für die 1. und 2. Doppelstunde. Im Balkendiagramm liegt der Prozentanteil z. T. über 100%, da in einigen Fällen zur gleichen Zeit unterschiedliche Sprachen gesprochen wurden.

Aus Abb. 1 geht hervor, dass die Schüler:innen in beiden Gruppen auch andere Sprachen als Deutsch nutzen. Gruppe A macht dabei in der 1. Doppelstunde mit 13,2 % deutlich mehr Gebrauch von dieser Möglichkeit als Gruppe B. In der 2. Doppelstunde hingegen werden andere Sprachen als Deutsch in beiden Gruppen in einem ähnlichen Umfang verwendet. Der Anteil der Sprachverwendung Deutsch bzw. Nicht-Deutsch schwankt demnach. Neben dem Deutschen und dem Türkischen nutzen die Schüler:innen – insbesondere in der 1. Doppelstunde – mit Spanisch, Englisch und Französisch auch Fremdsprachen, die sie im schulischen Kontext erworben haben. Die Fremdsprachenverwendung war vor allem eine Reaktion auf den Impuls der Lehrkraft („Wenn ihr möchtet, könnt ihr auch andere Sprachen als Deutsch sprechen.“). Der Gebrauch von Fremdsprachen ist also ein Neuigkeitseffekt, dessen Wirkung schon in der 2. Doppelstunde nachlässt, obwohl der Lehrerimpuls weiterhin genutzt wurde.

Limitationen & Ausblick

Die Analyse der ersten beiden Doppelstunden der Gruppen A und B zeigt, dass die Schüler:innen trotz des monolingualen Habitus ihre mehrsprachigen Ressourcen im Unterricht nutzen. Die Analyse der gesamten vorliegenden Datenmenge steht noch aus und wird noch berichtet werden, weshalb hier noch keine Aussage darüber getroffen werden kann, ob alle Schüler:innengruppen der Einzelfallstudie von dieser Möglichkeit Gebrauch machen. Weiterhin steht noch aus, die Sprachverwendung auf Schüler:innenebene zu untersuchen. Bislang können für beide Klassen nur globale Aussagen getroffen werden. Anknüpfend an die quantitative Untersuchung der Daten soll im Forschungsprojekt PhyDiv-Mikro qualitativ untersucht werden, für welche Zwecke die Schüler:innen ihre Fremd- und Familiensprachen nutzen.

Diese Arbeit wird von der DFG und der Heinrich-Böll-Stiftung gefördert.

Literaturverzeichnis

Decristan, J., Schastak, M., Reitenbach, V., & Rauch, D. (2021). Außerunterrichtliches Peer Tutoring mit deutsch-türkischsprachigen Grundschulkindern: Umsetzungsgenauigkeit und Umfang von bilingualer Kommunikation. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *24*(4), 841–860. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01023-6

Gogolin, I. (2008). *Der monolinguale Habitus der multilingualen Schule* (2. Aufl.). Waxmann Verlag GmbH. https://doi.org/10.31244/9783830970989

Krumm, H.-J. (2010). Mehrsprachigkeit in Sprachenporträts und Sprachbiographien von Migrantinnen und Migranten. *AkDaF Rundbrief*, *61*. http://www.plattform-migration.at/fileadmin/data/Publikationen/Krumm_Hans-Juergen_Mehrsprachigkeit_in_Sprachenportrats_und_Sprachenbiographien_von_Migrantinnen_und_Migranten.pdf

Krumm, H.-J. (2020). Mehrsprachigkeit und Identität. In I. Gogolin, A. Hansen, S. McMonagle, & D. Rauch (Hrsg.), *Handbuch Mehrsprachigkeit und Bildung* (S. 131–135). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20285-9

Meyer, M., & Prediger, S. (2011). The use of first language Turkish as a resource: A German case study on chances and limits for building conceptual understanding. In M. Setati, T. Nkambule, & L. Goosen (Hrsg.), *Proceedings of the ICMI Study 21—Mathematics and Language Diversity* (S. 225–234).

Möller, R., & Höttecke, D. (2023). Sprachexpliziter Physikunterricht – Vignetten für die Lehrerbildung. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt.* (Bd. 43, S. 953–956).

Schauer, R., Möller, R., Böhmer, J., Brandt, H., & Höttecke, D. (2023). „Energie“—Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt.*

Schüler-Meyer, A., Prediger, S., Kuzu, T., Wessel, L., & Redder, A. (2019). Is Formal Language Proficiency in the Home Language Required to Profit from a Bilingual Teaching Intervention in Mathematics? A Mixed Methods Study on Fostering Multilingual Students' Conceptual Understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(2), 317–339. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9857-8

Alina Majcen[1]
Philipp Spitzer[1]

[1]Universität Graz

Schüler:innen kommunizieren Wissenschaft – Ein Perspektivenwechsel

Problemaufriss

Die heutige Gesellschaft ist mit einem rasanten Wandel und einer Vielzahl an komplexen Krisen konfrontiert. Gerade die sogenannten Socio-Scientific-Issues spielen sich heutzutage stark in den Social Media ab und werden dort intensiv diskutiert. Viele dieser Themen können ohne fachliches Wissen oder Verständnis über die Wissenschaft (Nature of Science) nur schwer verstanden werden (Billion-Kramer et al., 2022). Daher ist eine adäquate Kommunikation wissenschaftlicher Erkenntnisse an die Bevölkerung unabdingbar. Dieser Notwendigkeit stimmten in Österreich beim letzten Wissenschaftsbarometer (ÖAW, 2022) auch 67% der Befragten zu, denn für sie ist es wichtig über Wissenschaft und Forschung informiert zu sein. Allerdings schätzen sich nur 37% der Befragten als tatsächlich informiert ein. Durch den technologischen Wandel, der das Smartphone zu einem täglichen Begleiter gemacht hat, hat sich auch die Informationsbeschaffung zunehmend ins Internet verlagert. Insbesondere Jugendliche verwenden zu einem Großteil das Internet um sich zu informieren, wobei Suchmaschinen (v. a. Google) an erster Stelle stehen, gefolgt von Instagram auf dem zweiten und TikTok auf dem dritten Platz (Feierabend et al., 2022).

Zahlreiche Wissenschaftler:innen, Wissenschaftsjournalist:innen und weitere Akteur:innen haben bereits das Potential erkannt, Social Media als weiteren spezifischen Kommunikationskanal zu nutzen, um insbesondere Jugendliche zu erreichen (Könneker, 2020). Obwohl oft versucht wird Kommunikation, Information und Unterhaltung miteinander zu verbinden, konsumieren Jugendliche bisher nur wenige wissenschaftskommunikative Produkte. In den Top 10 (bezogen auf die Follower) sind im Jahr 2023 auf Instagram und TikTok keine Accounts mit wissenschaftlichen Inhalten zu finden (BLM, 2023; OMR, 2023). Während über die allgemeine Mediennutzung von Jugendlichen bereits einiges bekannt ist (z. B. Feierabend et al., 2022; Postbank, 2023), fehlen in vielen Bereichen noch empirische Untersuchungen bezüglich der Wirkungs- und Rezeptionsprozesse von Jugendlichen (vgl. Dogruel & Beck, 2017; Metag, 2017; Schmidt, 2017). Dabei wären tiefere Einblicke in die Wahrnehmung und Bewertung von wissenschaftskommunikativen Produkten in den Social Media besonders wichtig, um daraus Qualitätsmaßstäbe bzw. Qualitätskriterien aus der Sicht von Jugendlichen für gelungene Wissenschaftskommunikation abzuleiten. Diese sind von entscheidender Bedeutung für die Charakterisierung der Zielgruppe und könnten somit zu einer erfolgreichen Wissenschaftskommunikation beitragen (Könneker, 2020; Ziegler, 2022).

Überblick über das Projekt

Hier setzt das Projekt „We Talk About Science“ der Chemiedidaktik der Universität Graz in Kooperation mit der Didaktik der Naturwissenschaften an der KPH Wien/Krems an. Das Ziel des Projektes ist zu untersuchen wie Schüler:innen Wissenschaftskommunikation wahrnehmen und bewerten und wie diese zielgruppenrelevanter gestaltet werden kann. Neben der Auseinandersetzung mit dem eigenen Konsum von Wissenschaftskommunikation, werden die Schüler:innen des Projektes dazu ermutigt die konsumierende Rolle zu verlassen und erhalten die Möglichkeit eigene wissenschaftskommunikative Produkte zu erstellen. Dabei liegt ein Fokus auf den für die Schüler:innen relevanten fachlichen Aspekten bestimmter Themenbereiche und der Aufbereitung dieser für ihre Zielgruppe.

Konzeption der ersten Untersuchung

In der ersten Arbeitsphase wurde explorativ untersucht, welche Aspekte aus dem Themenbereich „Kohlenstoffdioxid“ für Schüler:innen einer Mittelschule und eines Gymnasiums von Relevanz sind und wie sie diese Themen für ihre eigene Peergruppe kommunizieren. Aufgrund einer großen Vielfalt an Aspekten wurde dieses sowohl gesellschaftlich als auch wissenschaftlich relevante Themengebiet gewählt. Rögener & Wormer (2020) untersuchten in einem Citizen-Science-Projekt Qualitätsvorstellungen von Bürger:innen im Kontext von Umweltkommunikation. Dabei konnten sie durch den partizipativen Ansatz eine tiefgründigere und reflektiertere Auseinandersetzungen mit Qualitätskriterien beobachten. Deshalb wurde von uns auch ein partizipativer Ansatz gewählt und die Schüler:innen als Expert:innen ihrer eigenen Zielgruppe aktiv mit in die Forschung eingebunden. Social Media Produkte (z. B. Reels, TikToks, Beiträge) und ihre Erstellung wurden in dieser Untersuchung primär als Forschungsinstrument und nicht als Forschungsgegenstand eingesetzt (Zeller, 2015). Durch die eigene Erstellung von wissenschaftskommunikativen Produkten sollen die Schüler:innen zum konkreten Handeln angeregt werden. Dadurch wollten wir Einblicke in ihr Wissen und ihre gleichzeitige Bewertung als Ergebnis ihres selbstbestimmten und zielgerichteten medialen Handelns gewinnen (Wagner, 2017).

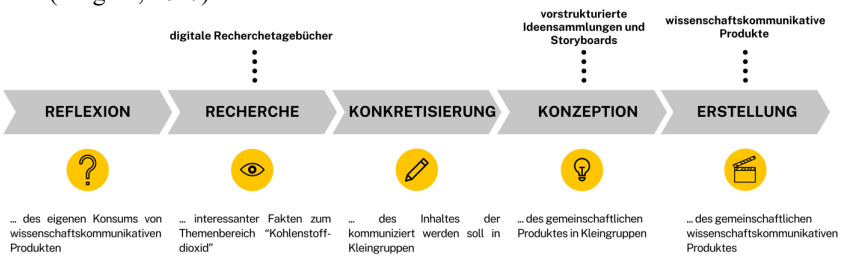


Abb.1 Überblick über den Ablauf der ersten Untersuchung.

In einem ersten Schritt reflektierten die Schüler:innen zuerst alleine und dann in Kleingruppen ihren Konsum von wissenschaftskommunikativen Produkten in ihrer Freizeit. Anschließend wurden die Erfahrungen in der Großgruppe ausgetauscht und gesammelt.

In einem nächsten Schritt recherchierten die Schüler:innen in Einzelarbeit drei für sie interessante Fakten zu Kohlenstoffdioxid. Diese Fakten und ihre Quellen wurden in einem digitalen Recherchetagebuch festgehalten und anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz, Verständlichkeit und Glaubwürdigkeit von den Schüler:innen bewertet. Aufgekommene fachliche Fragen wurden von uns aufgenommen und erklärt.

Im weiteren Vorgehen wurden in einem gemeinsamen Gespräch mögliche Formate, z. B. Videos (Reel, TikTok, YouTube), Beiträge (z. B. für Instagram, bestehend aus Bild und Text) oder Tonspuren (z. B. für einen Podcast) hinsichtlich ihrer spezifischen Möglichkeiten und Einschränkungen besprochen. Im Anschluss bildeten die Schüler:innen Kleingruppen von zwei bis vier Personen. Gemeinsam sollten sie sich auf einen oder wenige Fakten einigen, die sie im weiteren Vorgehen kommunizieren möchten und sich für ein passendes Format für ihren Inhalt entscheiden.

Sie erhielten anschließend an das Format angepasste vorstrukturierte Ideensammlungen und Storyboards. Mit diesen wurden die Schüler:innen angeleitet Aspekte bzgl. der Strukturierung, Aufbereitung, Wahl der Plattform und der Ansprache ihrer Peergruppe gemeinsam zu diskutieren und reflektieren. Bezüglich des kommunizierten Inhaltes und der Gestaltung der Produkte wurde den Schüler:innen freie Hand gelassen, da wir davon ausgehen, dass sie

einerseits ihre Peergruppe am besten verstehen und andererseits nur so auf ihre Ansprüche hinsichtlich einer ansprechenden Wissenschaftskommunikation geschlossen werden kann.

In einem letzten Schritt hatten die Schüler:innen vier Schulstunden Zeit ihre Produkte in der Kleingruppe zu erstellen. Dabei wurden sie von uns technisch und materiell unterstützt, sowohl bei den verwendeten Geräten als auch der eingesetzten Software (wie Bildbearbeitungsprogramme und Schnittprogramme). Die fertigen Produkte wurde anschließend im Klassenverband vorgestellt. Zusätzlich wurden diese auch bei einer größeren wissenschaftlichen Veranstaltung im Kulturzentrum vor Ort (Stieglerhaus) der Öffentlichkeit präsentiert.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden Erfahrungen und erste Einblicke in die Daten beschrieben. Bei den Gesprächen nach der Reflexion ihres eigenen Konsums hat sich herausgestellt, dass die Schüler:innen bisher nur wenige wissenschaftliche Inhalte in den Social Media in ihrer Freizeit nutzen. Mehrfach wurde dabei eine nicht ansprechende Gestaltung von wissenschaftskommunikativen Produkten kritisiert.

Während der Recherche konnte beobachtet werden, dass diese Aufgabe für viele Schüler:innen herausfordernd schien. Ein erster Blick in die Recherchetagebücher zeigt ähnliche Tendenzen auf. Viele wählten scheinbar unreflektiert die ersten Quellen aus den Google-Suchergebnissen aus. Manche verließen sich sogar ausschließlich auf die Google-Ergebnisvorschau. Große Schwierigkeiten hatten die Schüler:innen insbesondere bei der Einschätzung der Glaubwürdigkeit von Quellen. Ähnliche Beobachtungen konnte Dietz et al. (in diesem Tagungsband) auch bei angehenden Lehrkräften machen.

Während bei der Recherche oft noch schnelle Ergebnisse der Google-Recherche ausreichten, wurden die ausgewählten Fakten in der Kleingruppe dann doch intensiv diskutiert und teilweise nachträglich nochmals nachrecherchiert, angepasst und verändert. Wir gehen daher davon aus, dass die weiters kommunizierten Aspekte für die Schüler:innen als besonders relevant und interessant eingeschätzt werden.

Besonders die vorstrukturierten Ideensammlungen wurden genutzt um das gemeinsame Projekt zu konkretisieren und schienen für die Schüler:innen hilfreich ein Konzept für die Erstellung der Produkte zu generieren. Bei der Produktion wurde unsere Unterstützung nur selten benötigt, vor allem die eingesetzte Software (Photoshop, Canva und CapCut) bereitete den Schüler:innen keine Schwierigkeiten.

Die erstellten Produkte deuten darauf hin, dass für die Schüler:innen vor allem Alltagsrelevanz und eine ansprechende Präsentation der Fakten, insbesondere in Bezug auf Ästhetik und Design, weiters auch im Aspekt Unterhaltung relevant sind. Diese Beobachtungen wurden auch von Burakgazi & Yildirim (2014) und Rögener & Wormer (2020) in ihren Untersuchungen beschrieben.

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projektes werden sowohl die Recherchetagebücher, als auch die vorstrukturierten Ideensammlungen und die letztendlichen Produkte empirisch ausgewertet. Durch die gemachten Erfahrungen wird beim nächsten Zyklus auf eine stärkere Anleitung und Unterstützung bei der Recherche geachtet. Die Untersuchung der Qualitätsvorstellungen an Wissenschaftskommunikation in den Social Media soll vertieft und noch stärker in die vorstrukturierte Ideensammlung integriert werden.

Literatur

Billion-Kramer, T., Hofheinz, V., & Rehm, M. (2022). Hannah ist irritiert—Plädoyer für eine stärkere Betonung von Nature of Science im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 6, 2–7.

BLM. (2023, Juni 22). Ranking der beliebtesten deutschen Instagram-Accounts nach Anzahl der Follower im Mai 2023 (in Millionen) [Graph]. In Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/515580/umfrage/ranking-der-beliebtesten-deutschen-instagramer-nach-anzahl-der-follower/

Burakgazi, S. G., & Yildirim, A. (2014). Accessing Science Through Media: Uses and Gratifications Among Fourth and Fifth Graders for Science Learning. Science Communication, 36(2), 168–193. https://doi.org/10.1177/1075547013505847

Dogruel, L., & Beck, K. (2017). Social Media als Alternative der Wissenschaftskommunikation? Eine medienökonomische Analyse. In P. Weingart, H. Wormer, A. Wenninger, & R. F. Hüttl (Hrsg.), Perspektiven der Wissenschaftskommunikation im digitalen Zeitalter (S. 123–187). Velbrück Wissenschaft.

Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H., & Glöckler, S. (2022). JIM 2022 Jugend. Information, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, Hrsg.).

Könneker, C. (2020). Wissenschaftskommunikation und Social Media: Neue Akteure, Polarisierung und Vertrauen. In J. Schnurr & A. Mäder (Hrsg.), Wissenschaft und Gesellschaft: Ein vertrauensvoller Dialog: Positionen und Perspektiven der Wissenschaftskommunikation heute (S. 25–48). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59466-7

Metag, J. (2017). Rezeption und Wirkung öffentlicher Wissenschaftskommunikation. In H. Bonfadelli, B. Fähnrich, C. Lüthje, J. Milde, M. Rhomberg, & M. S. Schäfer (Hrsg.), Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation (S. 251–274). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12898-2

ÖAW. (2022). Wissenschafts-Barometer. https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wissenschaftsbarometer/wissenschaftsbarometer-2020/

OMR. (2023, Juli 10). Ranking der beliebtesten deutschen und deutschsprachigen TikTok-Accounts nach Anzahl der Follower im Juni 2023 (in Millionen) [Graph]. In Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/973035/umfrage/tiktok-accounts-mit-den-meisten-followern/

Postbank. (2023). Postbank Jugend-Digitalstudie 2023.

Rögener, W., & Wormer, H. (2020). Gute Umweltkommunikation aus Bürgersicht. Ein Citizen-Science-Ansatz in der Rezipierendenforschung zur Entwicklung von Qualitätskriterien. Medien & Kommunikationswissenschaft, 68(4), 447–474. https://doi.org/10.5771/1615-634X-2020-4-447

Schmidt, J.-H. (2017). Soziale Medien als Intermediäre. In P. Weingart, H. Wormer, A. Wenninger, & R. F. Hüttl (Hrsg.), Perspektiven der Wissenschaftskommunikation im digitalen Zeitalter (S. 82–115). Velbrück Wissenschaft.

Wagner, U. (2017). Kompetenzen für soziale Medien. In J.-H. Schmidt & M. Taddicken (Hrsg.), Handbuch Soziale Medien (S. 251–270). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03765-9

Zeller, F. (2015). Soziale Medien in der empirischen Forschung. In J.-H. Schmidt & M. Taddicken (Hrsg.), Handbuch Soziale Medien (S. 1–19). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03895-3_21-1

Ziegler, R. (2022). Kommunikation: Wer ist die „breite Öffentlichkeit“? Nachrichten Aus Der Chemie, 70(7–8), 10–12. https://doi.org/10.1002/nadc.20224125385

Jonas Ponath[1] [1]Universität Paderborn
Claudia Bohrmann-Linde[2] [2]Bergische Universität Wuppertal
Isabel Rubner[3] [3]Pädagogische Hochschule Weingarten
Katrin Sommer[4] [4]Ruhr-Universität Bochum
Sabine Fechner[1]

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen (angehender) Chemielehrkräfte

Ausgangslage

Im naturwissenschaftlichen Unterricht nimmt die Bedeutung von digitalen Medien immer weiter zu (Bos et al., 2017). Schulische Bildung soll seit der Veröffentlichung des Handlungskonzepts „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2017) auch eine umfassende Vermittlung von Handlungskompetenzen im Umgang mit digitalen Medien umfassen. Digitale Gestaltungsmöglichkeiten des Chemieunterrichts sind beispielsweise der Einsatz von digitaler Messwerterfassung in authentischen Kontexten. Solche modernen Instrumente sind jedoch weder für Lernende noch für Lehrkräfte selbsterklärend und machen daher aus Perspektive der Lehrkräftebildung Fortbildungsangebote für Lehrkräfte notwendig (Kammerl & Dertinger, 2020). Der Mehrheit der Lehrkräfte fällt es weiterhin schwer, die neuen Anforderungen zu erfüllen und digitale Gestaltungsmöglichkeiten im Unterricht einzusetzen (Eickelmann et al., 2019).

Theoretischer Hintergrund

Technologiebezogene, professionelle Handlungskompetenz lässt sich nach dem international fundierten und empirisch breit fundierten TPACK-Modell (Koehler et al., 2013) beschreiben. In diesem werden Wissensbereiche abgebildet, welche für Lehrkräfte im Zusammenhang mit Digitalisierung von Bedeutung sind. Das *technological pedagogical content knowledge* (TPACK) ist in diesem Modell eine technologiebezogene Erweiterung des *pedagogical content knowledge* (PCK) nach Shulman (1987), welches als empirisch fundiertes Modell zur Darstellung des Professionswissens von Lehrkräften gilt.

Um nun ausgehend von dem fachübergreifenden Kompetenzmodell hin zu naturwissenschaftsspezifischen Kompetenzerwartungen zu gelangen, haben Becker et al. (2020) den Orientierungsrahmen „Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften“ (DiKoLAN) formuliert. Aus diesem lassen sich konkret für das Fach Chemie digitalisierungsbezogene Kompetenzen ableiten. Dort sind neben allgemeineren Kompetenzen wie „Dokumentation“, „Präsentation“, „Kommunikation/Kollaboration“ und „Recherche und Bewertung“ auch die fachspezifischen Kompetenzen „Messwert- und Datenerfassung“, „Datenverarbeitung“ und „Simulation und Modellierung“ aufgeführt, welche konkrete Kompetenzerwartungen formulieren. Diesen Kompetenzerwartungen liegen die drei Anforderungsbereiche „Nennen“, „Beschreiben“ und „Anwenden/Durchführen“ zugrunde. Die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen (DBK) für den Chemieunterricht umfassen dabei insbesondere die fachspezifischen Bereiche der Messwert- und Datenerfassung, der Datenverarbeitung sowie der Simulation und Modellierung (vgl. DiKoLAN; Becker et al., 2020), aber auch deren kritische Reflexion.

Der zielführende Einsatz digitaler Medien setzt bei den unterrichtenden Lehrkräften bestimmte DBK voraus. Schwierigkeiten ergeben sich aktuell noch in der konkreten Erfassung dieser Kompetenzen. Bislang wurden DBK vor allem über Selbsteinschätzungsskalen erhoben, wie sie beispielweise bei Wang et al. (2018) oder Vogelsang et al. (2019) eingesetzt werden. Auch die DiKoLAN-Kompetenzerwartungen werden mittels Selbsteinschätzung z.B. im Self-Assessment-Tool DiKoLAN-Grid (Kotzebue et al., 2021) abgefragt.

Das diesem Projekt zu Grunde liegende Forschungsdesiderat besteht also in der konkreteren Erfassung (ohne Selbsteinschätzung) und bedarfsgerechten Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen bei (angehenden) Chemielehrkräften.

Erkenntnisse der Fortbildungsforschung

In dem Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) werden ländergemeinsame Eckpunkte zur Fortbildung von Lehrkräften formuliert. Dort beschreibt die KMK (2020, S. 3) Fortbildung von Lehrkräften als „Bestandteil [der Professionalisierung] der dritten Phase der Lehrerbildung". Untersuchungen von Granić und Marangunić (2019) sowie Scherer und Teo (2019) zeigen, dass Lehrkräfte grundsätzlich eine hohe Motivation aufweisen, digitale Medien einzusetzen, falls diese als nützlich und benutzendenfreundlich empfunden werden. Obwohl die eigenen DBK von Lehrkräften überwiegend als nur mittelmäßig eingeschätzt werden (Drossel & Eickelmann, 2018), ist die Teilnahmequote an fächerspezifischen Fortbildungen zur Verwendung von digitalen Werkzeugen in Nordrhein-Westfalen unterdurchschnittlich (Eickelmann, 2019; Endberg & Lorenz, 2017). Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die Qualität des resultierenden Unterrichts nach einer besuchten Fortbildung auch von Selbstwirksamkeitsüberzeugungen abhängt (Backfisch et al., 2020), welche bei den Lehrkräften nur mäßig stark ausgeprägt sind (ebd.).

Projekt: Com^{e}MINT-Netzwerk

Um den oben beschriebenen Umständen bisheriger Fortbildungen zu begegnen, wurde der Verbund Com^{e}MINT-Netzwerk, bestehend aus 14 Hochschulen mit Schwerpunkt auf den lehrkräftebildenden Universitäten Nordrhein-Westfalens, gebildet. Für die bedarfsgerechte Bereitstellung von adaptiven Fortbildungsangeboten ist es von großer Bedeutung, existierende Bedarfe und Gelingensbedingungen von Lehrkräftefortbildungen zu untersuchen. Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts Com^{e}MINT-Netzwerk sollen zur Förderung der digitalisierungsbezogenen Kompetenzen Fortbildungskonzepte entwickelt und erprobt werden. In den fachspezifischen ComeNets werden fachbezogene Module (u.a. mit BNE-Bezug) bereitgestellt, adaptiv an die jeweilige Bedarfslage angepasst und iterativ weiterentwickelt. Neben der Erprobung und Evaluation eines Fortbildungsmoduls in verschiedenen Netzwerken ist es außerdem wichtig, adressaten- und inhaltsspezifische Gelingensbedingungen zu identifizieren. In einem Design-Based-Research Ansatz (Gess et al., 2014) werden nach einer Erhebung der Fortbildungsbedarfe prototypische Fortbildungsmodule entwickelt. Um ein adaptives Angebot an Fortbildungsmodulen zu gewährleisten, ist außerdem die Entwicklung eines (Online-)Self-Assessment-Tools (SAT) geplant, das an Vorarbeiten aus dem Fach Physik ansetzt (Große-Heilmann et al., 2022).

Entwicklung eines Self-Assessment-Tools

Eine wichtige Kompetenzfacette der DBK ist das fachdidaktische Wissen (FDW) zum Einsatz digitaler Medien. Allgemein ist das fachdidaktische Wissen bzw. Professionswissen in den Naturwissenschaften bereits umfangreich erforscht, siehe z.B. die ProwiN-Studie (Tepner et al., 2012), KiL-Studie (Kröger et al., 2014) oder die Profile-P-Studie (Riese et al., 2017). Alle weisen jedoch wenig Bezüge zu digitalen Medien auf, weshalb an dieser Stelle ein Forschungsdesiderat (s.o.) postuliert werden kann. Die Problematik bei der Erfassung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen über Selbsteinschätzungsskalen besteht darin, dass diese zwar valide gemessen werden, aber dennoch nicht den tatsächlichen Kompetenzstand abbilden können (Krempkow et al., 2022). Des Weiteren eignen sich Selbsteinschätzungen wenig zur Evaluation von Fortbildungen (Richter et al., 2013), da die Wahl einer Fortbildung oft nach Neigung bzw. persönlichem Interesse erfolgt (Rzejak & Lipowsky, 2019). Vorarbeiten aus der Physik (Große-Heilmann et al., 2022) zeigen mithilfe von Wissenstests als weitere Möglichkeit neben Selbsteinschätzungsskalen einen Weg auf, das fachdidaktische

Wissen zum Einsatz digitaler Medien valide zu messen. Für das Fach Chemie gibt es bisher noch wenige Möglichkeiten, digitale Kompetenzen ohne Selbsteinschätzungsinstrumente zu messen, weshalb hier die Entwicklung eines solchen Tests zur validen Kompetenzerfassung angestrebt wird. Ebenso soll dieser Test als Teil eines Self-Assessment-Tools zur Evaluation der Fortbildungen eingesetzt werden.

Die Konzeption des FDW-Tests erfolgt angelehnt an die operationalisierten Kompetenzerwartungen des DiKoLAN-Orientierungsrahmens (Becker et al., 2020). Inhaltlich soll ein Querschnitt aus allen Inhaltsfeldern des nordrhein-westfälischen Kernlehrplans integriert und abgebildet werden. Bei der Formulierung der Items werden konkrete Lernszenarien und Lernziele unter Einbezug digitaler Medien konstruiert. Das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte soll somit zur Beurteilung praxistauglicher Handlungsentscheidungen überprüft werden. Ein Beispiel wäre die Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten eines digitalen Messwerterfassungssystems innerhalb eines definierten Lernsettings. Im geschlossenen Mehrfachwahlaufgabenformat können je Aufgabe 4 Items (mit Attraktoren und Distraktoren) mit den Antwortmöglichkeiten „Ja“, „Nein“ und „Keine Angabe“ beantwortet werden.

Um Rate-Wahrscheinlichkeiten aufgrund von fehlendem technischen Wissen über das jeweilige digitale Werkzeug zu minimieren, werden in einer informativen Vignette die wichtigsten technischen Informationen zum jeweiligen Werkzeug vorgegeben. Dies erscheint besonders sinnvoll in Anbetracht der Befunde, dass in Bezug auf digitalen Medien das technische Wissen (TK) mit dem fachdidaktischen Wissen (PCK) korreliert (Cetin-Dindar et al., 2018).

Ausblick

Nach der Auswertung der durchgeführten Bedarfsanalyse wird parallel mit der Entwicklung des ersten adaptiven Fortbildungsmoduls begonnen, während der FDW-Test als Self-Assessment-Tool begleitend konzipiert wird. Mit der ersten Erprobung der Fortbildungen sowie der Pilotierung des FDW-Tests ist im kommenden Jahr zu rechnen.

Literaturverzeichnis

Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F. & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, *66*, 101300.

Becker, S., Alexander Finger, Johannes Huwer, Erik Kremser, Monique Meier & Lena Von Kotzebue. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (14--43).

Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R. & Welling, S. (Hrsg.). (2017). *Waxmann-E-Books : Empirische Erziehungswissenschaft*. *Schule digital - der Länderindikator 2016: Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich*. Waxmann.

Cetin-Dindar, A., Boz, Y., Yildiran Sonmez, D. & Demirci Celep, N. (2018). Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, *19*(1), 167–183. https://doi.org/10.1039/C7RP00175D

Drossel, K. & Eickelmann, B. (2018). Die Rolle der Lehrerprofessionalisierung für die Implementierung neuer Technologien in den Unterricht – Eine Latent-Class-Analyse zur Identifikation von Lehrertypen. *Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, *31*, 166–191.

Eickelmann, B. (2019). Lehrerfortbildung im Kontext der digitalen Transformation: Herausforderungen, Befunde und Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung des Bildungssystems. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), *Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde – Standardbildung und Lösungsansätze* (S. 208–228). Klett Kallmeyer.

Eickelmann, B., Massek, C. & Labusch, A. (2019). *ICILS 2018 #NRW: Erste Ergebnisse der Studie ICILS 2018 für Nordrhein-Westfalen im internationalen Vergleich* [1. Auflage]. Waxmann. https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/49780

Endberg, M. & Lorenz, R. (2017). Schule digital - der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und

Trends von 2015 bis 2017. In W. Bos, R. Lorenz, M. Endberg, B. Eickelmann, R. Kammerl & S. Welling (Hrsg.), *Waxmann-E-Books : Empirische Erziehungswissenschaft. Schule digital - der Länderindikator 2016: Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich* (S. 84–121). Waxmann.

Gess, C., Rueß, J. & Deicke, W. (2014). Design-based Research zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen: Einführung und Praxisbeispiel. *Qualität in der Wissenschaft*, *8*(1), 10–16.

Granić, A. & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, *50*(5), 2572–2593.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, *12*(7), 440. https://doi.org/10.3390/educsci12070440

Kammerl, R. & Dertinger, A. (2020). Guter Unterricht mit mobilen Medien. Eine Darstellung einschlägiger Konzepte und aktueller Forschungsbefunde. In *Mobile Medien im Schulkontext* (S. 47–78). Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29039-9_4

KMK (2017). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt": Sekretariat der Ständigen Konferenz der. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

KMK (2020). Ländergemeinsame Eckpunkte zur Fortbildung von Lehrkräften als ein 13 Bestandteil ihrer Professionalisierung in der dritten Phase der Lehrerbildung.: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2020. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_03_12-Fortbildung-Lehrkraefte.pdf

Koehler, M. J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, *193*(3), 13–19. https://doi.org/10.1177/002205741319300303

Kotzebue, L. von, Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T. & Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences*, *11*(12), 775. https://doi.org/10.3390/educsci11120775

Krempkow, R., Gäde, M., Hönsch, A. & Boschert, C. (2022). Digitale Kompetenzen von Studierenden auf dem Prüfstand. Analysen zur Zuverlässigkeit der Erfassung digitaler Kompetenzen. *Qualität in der Wissenschaft*, *16*(1), 20–28.

Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2014). Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht.* (S. 106–109). IPN.

Richter, D., Engelbert, M., Weirich, S. & Anand Pant, H. (2013). Differentielle Teilnahme an Lehrerfortbildungen und deren Zusammenhang mit professionsbezogenen Merkmalen von Lehrkräften *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *27*(3), 193–207. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000104

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 99–112. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2

Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2019). Konzeptionelle Merkmale wirksamer Fortbildungen für Lehrkräfte. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), *Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde – Standardbildung und Lösungsansätze* (S. 103–151). Klett Kallmeyer.

Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, *27*, 90–109. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001

Shulman, L. (1987). Pedagogical Content Knowledge in Social Studies. *Scandinavian journal of educational research*, *31*(2), 59–70. https://doi.org/10.1080/0031383870310201

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E. & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 7–28.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, *34*(4), 234–258. https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039

Jenna Koenen[1]
Amitabh Banerji[2]
Sascha Bernholt[3]
Dominik Diermann[1]
Constantin Egerer[2]
Carolin Flerlage[3]
Stefanie Herzog[3]
Stefanie Lenzer[3]
Ilka Parchmann[3]

[1]Technische Universität München
[2] Universität Potsdam
[3]IPN Kiel

PSY 4: Lehrkräfteprofessionalisierung in den MINT-Kompetenzzentren

Zwischen den technologischen Möglichkeiten und Anforderungen im modernen Berufsleben und dem Alltag auf der einen Seite und der digitalen Ausstattung in deutschen Schulen sowie deren inhaltlichen Ausrichtung auf der anderen Seite herrscht häufig eine gewisse Diskrepanz. Die Digitalisierung und innovative digitale Medien bringen viele Potenziale zur Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen mit sich (z. B. Stegmann, 2020; Schaumburg, 2018; Wecker & Fischer, 2014) – auch für den MINT-Unterricht (z. B. Cheung & Slavin, 2013; Hillmayr et al., 2020; Chiu, 2021). Diese können vom Einsatz von Computersimulationen, Animationen oder Lernsoftware bis hin zu künstlicher Intelligenz und VR/AR Lernumgebungen reichen. Um die Potenziale optimal nutzen zu können, benötigen Lehrkräfte, die bereits über ein hohes Maß an fachlichem und fachdidaktischem Wissen (Krauss & Bruckmaier, 2014) verfügen, zusätzlich auch Wissen und Kompetenzen im fachspezifischen Umgang mit digitalen Medien (z. B. Huwer et al., 2019). Der Umgang mit und die Entwicklung von digitalen Medien kann ein gewinnbringender Faktor für qualitativ hochwertigen und lernförderlichen MINT-Unterricht sein, erfordert jedoch spezifisches, teilweise neuartiges Wissen und Kompetenzen (z. B. Becker et al., 2020; Redecker & Punie, 2017), etwa in der Planung von Unterricht, der Unterstützung von Lernprozessen oder der Diagnostik von Lernerfolgen. Um die professionelle Expertise von Lehrkräften um derartige Kompetenzen zu erweitern, muss neben der universitären Ausbildung auch das Fortbildungsangebot in der dritten Phase der Lehrkräftebildung angepasst und ausgeweitet werden (Bonnes, Wahl & Lachner, 2022), was neue Herausforderungen aber auch Chancen mit sich bringt (z. B. Eickelmann, 2019).

Da Fortbildungen gewinnbringende und akzeptierte Maßnahmen zur Professionalisierung von Lehrkräften darstellen (z. B. Kraft, Blazar & Hogan, 2018; Lipowsky & Rzejak, 2017) und bundesweit bereits Strukturen zur Durchführung solcher Fortbildungen bestehen, setzt der Kompetenzverbund *lernen:digital* (vgl. Abbildung 1 und https://lernen.digital) u.a. auf die (Weiter-)Entwicklung und Durchführung von Fortbildungen zu digital gestütztem Lehren und Lernen. Der Kompetenzverbund wird finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und bündelt im Hinblick auf aktuelle Anforderungen im immer digitaler werdenden Lebens- sowie im Schulalltag die vier Kompetenzzentren *Sprachen-Gesellschaft-Wirtschaft*, *Musik-Kunst-Sport*, *Schulentwicklung* und *MINT*. Seit dem 01. April 2023 arbeiten im Kompetenzzentrum *MINT* sechs Projektverbünde, an denen insgesamt 52 Hochschulen und Forschungseinrichtungen beteiligt sind, an der Lehrkräfteprofessionalisierung in den MINT-Fächern. Die Projektverbünde arbeiten bei der Entwicklung und Durchführung der Projekte

stets vermittelt über Transferstellen miteinander und nach außen hin mit der Bildungspraxis zusammen und regen darüber hinaus einen Transfer der Ergebnisse in Schulen und Institutionen zur Lehrkräftebildung an. Hierbei wird beispielsweise auf die im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung bereits etablierten Strukturen oder eigene Initiativen der Länder zurückgegriffen.

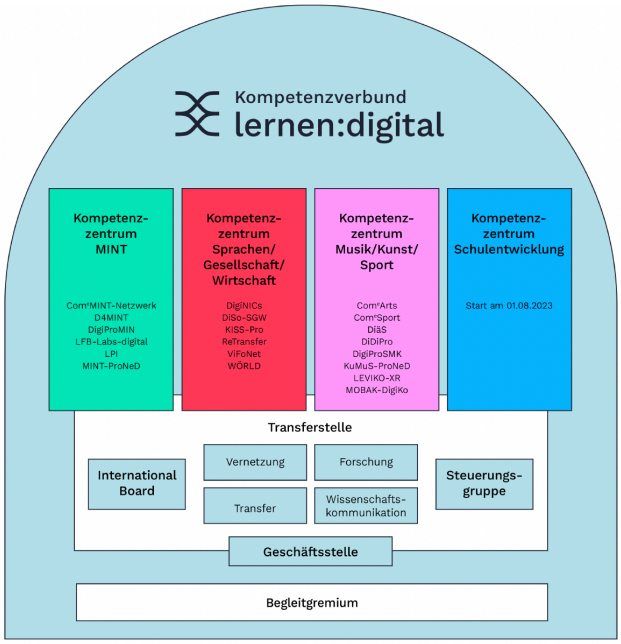


Abb. 1: Übersicht über den Kompetenzverbund lernen:digital.

Die sechs Projektverbünde, die mit insgesamt zwölf Postern am Symposium beteiligt waren, werden nachfolgend kurz beschrieben:

- *ComeMINT-Netzwerk (fortbilden durch vernetzen – vernetzen durch fortbilden.):* Dieser Projektverbund arbeitet an der Entwicklung beispielhafter Konzepte, um MINT-Lehrkräfte und MultiplikatorInnen im Bezug zu digitalen Medien zu professionalisieren. Dabei werden evidenzgestützte Kriterien lernwirksamer Fortbildungen (z. B. Dauer/Anschlussfähigkeit oder Austausch- und Reflexionsmöglichkeiten) berücksichtigt.
- *D4MINT (Didaktische Doppeldecker für digitale Bildung im MINT-Bereich):* Das Ziel dieses Projektverbundes ist es, Module und Fortbildungsformate für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften zu entwickeln. Auch hier beinhalten die Formate die Digitalisierung im MINT-Unterricht. Eine Besonderheit ist der Fokus auf dem Prinzip des „didaktischen Doppeldeckers“.
- *DigiProMIN (Digitalisierungsbezogene und digital gestützte Professionalisierung von MIN-Lehrkräften):* Dieser Projektverbund zielt darauf ab, die Fächer Mathematik, Informatik, Chemie, Biologie und Physik miteinander zu verknüpfen und somit multidimensionale, d.h. fachspezifische und fachverbindende Lehrkräftefortbildungen zu konzipieren und anzubieten. Auch hier kommt der digitalisierungsbezogenen und digital

gestützten Professionalisierung von Lehrkräften eine spezielle Rolle zu, um zukunftsorientierten Unterricht sicherstellen zu können.

- *LFB-Labs-digital (Schülerlabore als Ort der Lehrkräftefortbildung in der digitalen Welt)*: Dieser Projektverbund setzt verstärkt SchülerInnen-Labore für die Lehrkräftebildung ein und untersucht, inwiefern dort Implementierungsvoraussetzungen für gelingender Fort- und Weiterbildungen in der digitalen Welt im MINT-Bereich vorhanden sind bzw. genutzt werden können.
- *LPI (Länder- und phasenübergreifendes Interface der beruflich-technischen Bildung):* Dieses Transferprojekt fokussiert die beruflich-technische Bildung. Dabei sollen Lehrkräfte bezüglich fachlicher und mediendidaktischer Aspekte der Digitalisierung professionalisiert werden. Dabei ist es ein Ziel, verschiedene Akteure (u. a. Universitäten, Landes- und Fortbildungsinstitutionen, Ministerien und Schulen), Formate und Konzepte zusammenzuführen und mögliche Synergien zu nutzen.
- *MINT-ProNeD (Professionelle Netzwerke zur Förderung adaptiver, prozessbezogener, digital gestützter Innovationen in der MINT-Lehrpersonenbildung):* Auch dieser Projektverbund soll Lehrkräfte dazu befähigen digital gestützten, adaptiven MINT-Unterricht gestalten und abhalten zu können. Hierzu werden drei interdisziplinäre und phasenübergreifende Netzwerke (Fort- und Weiterbildungen, Unterrichtsentwicklung und -beratung, Future Innovation Hub) (weiter-)entwickelt und eingesetzt. Die MINT-Lehrkräftebildung wird damit durch eine Art integrativem Gesamtkonzept unterstützt.

Das Ziel des Postersymposiums war, die verschiedenen Projekte und deren Ansätze aus fachdidaktischer und praktischer Perspektive zu diskutieren, Ideen und Wünsche auszutauschen und die derzeitigen Planungen auch kritisch mit externen FachdidaktikerInnen zu hinterfragen. Das Symposium regte zudem den Austausch und das Kennenlernen der verschiedenen AkteurInnen der Projekte bzw. deren Fachbereiche Chemie und Physik im weitreichenden MINT-Kompetenzzentrum an. Darauf aufbauend konnten übergeordnete Konzepte der gemeinsamen Initiative und verschiedene forschungsbasierte Ansätze zur digital-unterstützten Lehrkräfteaus-, -fort- und -weiterbildung in den Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Sachunterricht und Technik nochmals vorgestellt und festgehalten werden. Gemeinsamkeiten und Unterschiede in Zielsetzung, Konzeption oder Vorgehensweise konnten diskutiert und Kontakte für zukünftige Absprachen und mögliche Zusammenarbeit hergestellt werden.

Die Inhalte des MINT-Kompetenzzentrums bzw. das Ziel der Lehrkräfteprofessionalisierung im lernförderlichen Einsatz und Umgang mit digitalen Medien für den MINT-Unterricht stellen zentrale Bausteine für zukunftsfähige Lehrkräftebildung und damit auch innovativen naturwissenschaftlichen Unterricht dar: Gerade das Wissen über und die Fähigkeiten zur (fachspezifischen) Nutzung digitaler Medien sind kraftvolle Instrumente für effektiven und lernförderlichen MINT-Unterricht, der SchülerInnen auf aktuelle Herausforderungen vorbereitet und neue Chancen ermöglicht. Dabei bringen verschiedene Fortbildungsansätze die lernförderlichen Potentiale digitaler Medien mit fachspezifischen Methoden und Ansätzen gewinnbringend zusammen und vermitteln Kompetenzen zu deren Erstellung und Nutzung an Lehrkräfte.

Literatur

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen - Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung: Hamburg.

Bonnes, C., Wahl, J. & Lachner, A. (2022). Herausforderungen für die Lehrkräftefortbildung vor dem Hintergrund der digitalen Transformation. *ZfW*, 45:133–149 https://doi.org/10.1007/s40955-022-00212-y

Cheung, A. C., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88-113.

Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Education Sciences*, 11. doi:10.3390/educsci11110709

Eickelmann, B. (2019). Lehrerfortbildung im Kontext der digitalen Transformation: Herausforderungen, Befunde und Perspektiven für eine zukünftige Gestaltung des Bildungssystems. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), *Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde - Standardbildung und Lösungsansätze*. (1. Auflage, S. 208-228). Hannover: Klett Kallmeyer

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta- analysis. *Computers Education,*153, 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). From TPaCK to DPaCK – Digitalization in Education Requires more than Technical Knowledge. In M. Shelly & A. Kiray (Hrsg.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology* (pp. 298–309), IRES Publishing: Des Moines, IA, USA.

Kraft, M. A., Blazar, D., & Hogan, D. (2018). The Effect of Teacher Coaching on Instruction and Achievement: A Meta-Analysis of the Causal Evidence. *Review of Educational Research*, 88(4), 547-588. https://doi.org/10.3102/0034654318759268

Krauss, S. & Bruckmaier, G. (2014) *Das Expertenparadigma in der Forschung zum Lehrerberuf.* In: E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.) *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Waxmann, Münster, S. 241-261. ISBN 978-3-8309-3075-4; 978-3-8309-8075-9

Lipowsky, F. & Rzejak. D. (2017) Fortbildungen für Lehrkräfte wirksam gestalten – erfolgsversprechende Wege und Konzepte aus Sicht der empirischen Bildungsforschung. *Bildung und Erziehung*, 70:4, S. 379-400

Redecker, C., & Punie, Y. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos & H. G. Holtappels (Hrsg.), *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen.* Münster; New York: Waxmann. S. 27-40 - IFS-Bildungsdialoge. 2 - ISBN: 3-8309-3757-1; 978-3-8309-3757-9

Stegmann, K. (2020). Effekte digitalen Lernens auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule. Eine Integration metaanalytischer Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik,* 66, 2, S. 174-190. DOI: 10.25656/01:25790

Wecker, C., & Fischer, F. (2014). Where is the evidence? A meta-analysis on the role of argumentation for the acquisition of domain-specific knowledge in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education*, 75, 218-228.

Marie Schüßler[1] [1]Universität Paderborn
Claudia Tenberge[1]
Katja Maria Auf der Landwehr[2] [2]Universität Münster
Nicola Meschede[2]
Anna Windt[2]
Marie-Theres Ronnebaum[3] [3]Universität Oldenburg
Maja Brückmann[3]

Lehrerprofessionalisierung für digital gestützten naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht

Hintergrund

Unzureichende Professionalisierung könnte ein Grund dafür sein, dass Lehrkräfte oftmals im Bereich der (fachspezifischen) Nutzung digitaler Medien über geringe Kompetenzen verfügen. Das Ziel im Projektverbund *Com^{e}MINT-Netzwerk* besteht in der Erstellung und Evaluation von Förderkonzepten für lernwirksamen Einsatz digitaler Medien, um diese Kompetenzen der Lehrkräfte gezielt zu stärken. Gerade im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht eignen sich digitale Medien in besonderer Weise, um den heterogenen Vorstellungen und Lernentwicklungen der Schüler:innen zu begegnen (Kasten et al., 2019; Köhn et al., 2020). Vor diesem Hintergrund arbeiten die Universitäten Münster, Oldenburg und Paderborn im *Com^{e}Net Sachunterricht* an der Entwicklung von Fortbildungsmodulen für Lehrkräfte zur digital-gestützten Gestaltung eines diversitätssensiblen Sachunterrichts.

Theoretischer Rahmen

Um die professionellen Kompetenzen von Lehrpersonen zu fördern, sind gezielte und qualitativ hochwertige Fort- und Weiterbildungen für Lehrpersonen essenziell (Darling-Hammond, Hyler & Gardner, 2017). Lipowsky und Rzejak (2021) benennen Kriterien für wirksame Fortbildungen: Hierzu zählt vor allem eine Vernetzung von Input- Erprobungs- und Reflexionsphasen. Zur Stärkung der kollegialen Kooperation für die teilnehmenden Lehrkräfte sollten gleichermaßen Digital- und Präsenzangebote im Laufe der Fortbildung zur Verfügung stehen. Mit der wichtigen adaptiven Unterstützung durch die Fortbildungsleitung (Kleickmann et al. 2016) ist auch ein Feedback und Coaching (Lipowsky, Rzejak, 2021) und eine fachspezifische und fachdidaktische Reflexion des eigenen Unterrichts (Kleickmann et al., 2016) verbunden. Weiterhin sollte eine angemessene Fortbildungsdauer (Lipowsky, Rzejak, 2021) sowie die Beachtung einer inhaltlichen Fokussierung (Kleickmann et al., 2016) auf bedeutsame Inhalte und Aktivitäten (Lipowsky, Rzejak, 2021) berücksichtigt werden. Kleickmann et al. (2016) gehen (bezogen auf den naturwissenschaftlichen Kontext in ihrer Untersuchung) zusätzlich davon aus, dass Wissen, Überzeugungen und Motivation der Lehrkräfte einen entscheidenen Einfluss auf die Wirkung des Fortbildungserfolges haben. Eine Übertragung der Befunde auf weitere Kontexte des Sachunterrichts – wie beispielsweise den technischen oder den gesundheitsbildenen Sachuntericht – scheint plausibel. Eine entsprechende empirische Prüfung steht allerdings noch aus. Insgesamt ist der Fortbildungserfolg multifaktoriell bedingt, wie Lipowsky und Rzejak (2021) in ihrer Studie beschrieben haben. Ziel der Fortbildungen sollen immer eine langfristige Wirkung im Unterricht der Lehrkräfte und ein positiver Erfolg für das Lernen der Schüler:innen sein.

Projektvorhaben im *Com^{e}Net Sachunterricht*

Im Projektverbund *Com^{e}MINT-Netzwerk* stehen drei zentrale Aspekte im Fokus, die in allen fachbezogenen Netzwerken bei der Entwicklung der Fortbildungen berücksichtigt werden. Hierzu zählen a) die digitale Kompetenz der Lehrkräfte, b) Inklusion sowie c) eine Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Grundlagen bezüglich der digitalen Kompetenz der Lehrkräfte finden sich unter anderem im TPACK- (Koehler et al., 2013), im DPACK-Modell (Huwer et al., 2019) sowie beim Lernen mit, über, durch und trotz Medien (Döbeli Honegger, 2017). Im Kontext der Inklusion steht vor allem die Teilhabe aller an einem gemeinsamen Unterricht im Fokus (KMK, 2011). Bedingt dadurch liegt eine große Heterogenität der Schüler:innenschaft vor, die im Unterricht mit einer Differenzierung verbunden ist und von den Lehrkräften eine hohes Maß an Anpassung an die einzelnen Bedürfnisse jedes Kindes erfordert (Kleickmann et al., 2016). Die Umsetzung eines diversitätssensiblen Sachunterrichts stellt hohe Ansprüche an die (nicht selten fachfremd unterrichtenden) Lehrkräfte. Sie benötigen hierfür ein entsprechendes pädagogisches Wissen (Mishra, Koehler, 2006) (beispielsweise entsprechende Vermittlungsmethoden und ein Wissen über die passende, ansprechende und motivierende Gestaltung der Unterrichtsinhalte für jede Lerngruppe). Als Schnittmenge zwischen der Inklusion und dem Bereich der digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte ergibt sich die Diklusion (Abels; Stinken-Rösner, 2022). Damit wird durchgängig die Überlegung, wie der Einsatz von digitalen Endgeräten und Software das inklusive Lernen und Unterrichten unterstützt, impliziert. Im dritten Aspekt der Fortbildungen – der Bildung für nachhaltige Entwicklung – soll das Ziel für die Lehrkräfte sein, die Schüler:innen zur verantwortungsvollen Mitgestaltung von Gegenwart und Zukunft zu befähigen und ihnen daher eine Gestaltungs- und Problemlösekompetenz sowie eine Vernetzungsperspektive näher zu bringen (BLK, 1998).

Aus der gemeinsamen Schnittmenge bzw. Trias heraus, ergeben sich vielperspektivische Konkretisierungen, die je in einem inhaltlichen Fokus mit unterschiedlichen Schwerpunkten an den einzelnen Standorten im *Com^{e}Net-Sachunterricht* umgesetzt werden. An der Universität Paderborn wird der Schwerpunkt der Fortbildungen für die Lehrkräfte auf einen technikbezogenen Sachunterricht im Übergang von Grundschule zur Sekundarstufe I gelegt. Es geht darum, inklusives technisches Lernen handwerklich und digital zu gestalten sowie zu reflektieren. Hierbei handelt es sich um Aspekte wie problemlösendes Lernen, beispielsweise beim ‚Denken lernen mit Lernrobotern und Co.' (Computational Thinking) und wie die Lehrpersonen unterstützt werden, dies mit ihren Schüler:innen umzusetzen. Durchgängig – im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe – wird eine adaptive Unterrichtsgestaltung adressiert. Der Fortbildungsschwerpunkt an der Universität Oldenburg liegt im Bereich BNE im Sachunterricht, wobei hier der Fokus auf partizipative digitalisierungsbezogene Lern- und Lehrangebote gelegt wird. Anhand ausgewählter Themen der Gesundheitsbildung, beispielsweise Ernährung, Bewegung und Hygiene soll hier die Gestaltungs- und Problemlösekompetenz angesprochen und das Wissen der Lehrkräfte hierzu gefördert werden. Der dritte Schwerpunkt an der Universität Münster wird mit einem sowohl fächerübergreifenden als auch fachspezifischen sowie heterogenitätssensiblen Einsatz digitaler Medien durch eine Kombination aus Sachunterricht und Mathematik gesetzt. Hier erfolgt eine exemplarische Erarbeitung an den Themen „Flexibles Rechnen" sowie „Experimentieren". Der Fokus wird dabei auf die Erprobung und Reflexion des fachbezogenen Einsatzes digitaler Medien vor dem Hintergrund der Basisdimensionen der

Unterrichtsqualität, insbesondere der kognitiven Aktivierung und konstruktiven Unterstützung, gelegt.

Es werden sowohl gemeinsame als auch standortspezifische Bausteine (weiter-)entwickelt, sodass ein breites Spektrum an Fortbildungsangeboten entsteht. Die Fortbildungen werden sowohl in Präsenztreffen als auch digitalen Treffen umgesetzt und zusätzlich digitale Selbstlernmodule zur individuellen Einarbeitung und Vertiefung zur Verfügung gestellt. Zwischen den einzelnen Fortbildungsmodulen finden Praxis-Erprobungen der teilnehmenden Lehrkräfte an ihren Schulen sowie ggf. Austausch in regionalen Netzwerken statt.

Forschungsdesign

Das Blended-Learning-Konzept der geplanten Fortbildungen integriert daher Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen und wird im Design-Based-Research-Ansatz (nach Gess et al., 2014; Ablauf vgl. Reinmann, 2005) entwickelt und evaluiert. Eine Bedarfsanalyse, die im Herbst 2023 durchgeführt wird, soll zunächst Aufschluss über die Bedarfe, Wünsche und Einstellungen der Lehrkräfte zum Thema „Digitalisierung im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht der Grundschule“ geben mit dem Ziel, die Fortbildungsangebote an die Voraussetzungen der Lehrkräfte anzupassen. Zudem wird ebenfalls literaturbasiert die Entwicklung und Adaption von Self-Assesments zur adaptiven Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen von Lehrkräften (weiter-) entwickelt. Die (weiter-) entwickelten Fortbildungsmodule werden ab Anfang 2024 pilotiert. In phasen- und fächerübergreifenden Netzwerken soll schließlich im Laufe des Projektes eine Erprobung, Evaluation und Verwertung der Module für den Transfer an Lehrkräfte und Schulen unter Berücksichtigung adressat:innen- und inhaltsspezifischer Gelingensbedingungen im Prä-Post-Design stattfinden. Hierbei stehen die Aspekte der Akzeptanz sowie die Wirksamkeit der Fortbildungsmodule bezüglich digitalisierungsbezogener Kompetenzen, Kompetenzerleben, Motivation und Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte im Fokus des Erkenntnisinteresses. Anschließend wird auf Basis der gewonnen Erkenntnisse ein Re-Design der Intervention (sowie der Erhebungsinstrumente) und ein zweiter Durchlauf der Fortbildungen und Evaluierungen stattfinden, bevor am Ende eine lokale, regionale und bundesweite Verwertung der Ergebnisse in einem übertragbaren Design erfolgen kann. Es ist vorgesehen, die Ergebnisse als Open-Educational-Resources bereit zu stellen.

Fazit

Inhaltlich knüpfen die entstehenden Fortbildungsmodule an die zwei aktuellen Herausforderungen des Sachunterrichts an und zeigen für Lehrkräfte auf, wie sie digitalgestützten Sachunterricht diversitätssensibel gestalten können. Durch die verschiedenen Schwerpunktsetzungen an den drei Standorten ist das inhaltliche Spektrum der Fortbildungsmodule breit. Die Fortbildungsmodule sind innovativ und adaptiv, indem Self-Assessments und adaptive digitale Selbstlernmodule sowie individuelle Beratungen zusätzlich zu Präsenzsitzungen und digitalen Sitzungen angeboten werden. Sie sind orientiert an Kriterien für wirksame Fortbildungen gemäß Lipowsky und Rzejak (2021) sowie Kleickmann et al. (2016) und verknüpfen die theoretische Erarbeitung mit praktischen Erprobungen und Reflexionen in regionalen Netzwerken. Durch die (Weiter-)Entwicklung und Evaluation im Design-Based-Resarch-Ansatz unter Beteiligung von Lehrkräften entstehen praxistaugliche und empirisch erprobte Fortbildungsmodule, die nachhaltig nutzbar als Open-Educational-Resources zur Verfügung gestellt werden.

Literatur:

Abels, S.; Stinken-Rösner, L. (2022): „Diklusion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In: E. M. Watts und C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWIgation von Inklusion*, Edition Fachdidaktiken, Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 5-20. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_2 .

BLK (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung) (Hrsg.) (1998): *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Orientierungsrahmen.* Leitvorstellungen, Grundsätze und didaktische Prinzipien der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Heft 69. Bonn, S. 24f.

Darling-Hammond, L.; Hyler, M.E.; Gardner, M. (2017): *Efective Teacher Professional Development.* Palo Alto, CA: Learning Policy Institute.

Döbeli Honegger, B. (2017): Es geht um mehr als analog oder digital. In: Schulpraxis 2/17. S. 4-8.

Gess, C.; Rueß, J.; Deicke, W. (2014): Design-based Research als Ansatz zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen. Einführung und Praxisbeispiel. In: *Qualität in der Wissenschaft*, 8 (1), S. 10-16.

Huwer, J.; Irion, T.; Kuntze, S. Schaal, S.; Thyssen, C. (2019): Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. S. 358-364.

Kasten, V.; Fricke, K.**;** Todorova, M.**;** Windt, A. (2019): Mit Tablets Fachwissen im Sachunterricht fördern. In: Maurer, Christian (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Regensburg: Universität Regensburg. S. 922-925.

Köhn**,** V.**;** Fricke, K.**;** Todorova, M.**;** Windt, A. (2020): Disparitäten bei Grundschulkindern bezüglich computer- und informationsbezogener Kompetenzen im Bereich Produzieren und Präsentieren. Zeitschrift für Grundschulforschung, 1/2020*(*13), S. 47-64. URL: 10.1007/s42278-019-00067-2.

Kleickmann, T.; Tröbst, S.; Jonen, A.; Vehmeyer, J.; Möller, K. (2016): The effects of expert scaffolding in elementary science professional development on teachers' beliefs and motivations, instructional practices, and student achievement. Journal of Educational Psychology, 108, S. 21-42. URL: https://doi:10.1037/edu0000041.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2011): Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 20.10.2011. URL: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf

Koehler, M.J.; Mishra P.; Cain, W. (2013): What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? Journal of Education, 193 (3), S. 13-19. URL: https://doi.org/10.1177/002205741319300303.

Lipowsky, F.; Rzejak, D. (2021): Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Bertelsmann Stiftung.

Mishra, P.; Koehler, M.J. (2006): Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teachers’ Knowledge. Teachers College Record, 108 (6), S. 1017-1054. URL: https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

Reinmann, G. (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung - In: Unterrichtswissenschaft 33 (1), S. 52-69. URL: urn:nbn:de:0111-opus-57878 - DOI: 10.25656/01:5787.

Heidrun Heinke[1]
Ahmad Asali[1]
Jens Noritzsch[1]
Jirka Müller[2]
Lukas Mientus[2]
Andreas Borowski[2]

[1] RWTH Aachen University,
[2] Universität Potsdam

D4MINT: Digitale Ressourcen zur Schulung experimenteller Kompetenzen

Zusammenfassung
Eines der kürzlich gegründeten Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung ist das Zentrum D4MINT als Zusammenschluss von Akteur:innen aus verschiedenen Fächern und vier lehrerausbildenden Hochschulen. Hier arbeiten u.a. physikdidaktische Arbeitsgruppen aus der RWTH Aachen und der Universität Potsdam an der Entwicklung, Evaluation und Verbreitung von Lehrkräfte-Fortbildungen (LFB) zur digital gestützten Förderung experimenteller Kompetenzen und zu Smartphone-Experimenten. Ein weiteres explizites Ziel ist die Formierung einer *community of practice* für Entwicklungen von experimenteller Hardware und zu Physikexperimenten. Im Sinne eines Design-Based Research-Ansatzes sollen dabei auch Erkenntnisse gewonnen werden, wie eine (intensive) Kollaboration von Lehrkräften initiiert und möglichst dauerhaft etabliert werden kann. Hierzu werden unter Nutzung umfangreicher Vorarbeiten z.B. zu der an der RWTH Aachen entwickelten App phyphox Konzepte und Materialien für LFB erarbeitet, bei denen die Vermittlung experimenteller Kompetenzen im Fokus steht. Dabei kommen auch digital gestützte Vermittlungsmethoden zum Einsatz.

Grundideen des Verbundvorhabens D4MINT

Im Verbundvorhaben D4MINT haben sich Akteur:innen aus der RWTH Aachen, der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg und der Universität Potsdam zusammengeschlossen. Sie verfolgen das gemeinsame Ziel, Module und Fortbildungsformate für die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften zur Digitalisierung im MINT-Unterricht unter Nutzung des Prinzips des „didaktischen Doppeldeckers“ zu entwickeln, einzusetzen und zu evaluieren. Das Vorhaben deckt mit einem breiten Fächerspektrum von der Mathematik über die Informatik, Biologie, Chemie, Physik, der Sachkunde, dem Maschinenbau und der Bautechnik Teilgebiete aus dem gesamten MINT-Bereich ab. Dabei werden Lehrkräfte aus Grundschulen, weiterführenden allgemeinbildenden und beruflichen Schulen und damit aus einem breiten Spektrum von Schulformen adressiert.
Das Gesamtvorhaben nutzt den Ansatz des Design-Based-Research (DBR) (vgl. Cobb, 2003; Reinmann, 2005; Lehmann-Wermser & Konrad, 2016). Hierfür wurde ein DBR-Modell an die Rahmenbedingungen des Verbundvorhabens angepasst. Das Ergebnis ist in Abb. 1 gezeigt. Dieses Modell konkretisiert die Ziele der Entwicklungen (E1 bis E3 in Abb. 1) und der Forschungsarbeiten (F1 und F2).
Aufbauend auf dem dargestellten DBR-Modell wurden zwei Gruppen von Teilprojekten konzipiert. Teilprojekte in einer dieser Gruppen fokussieren vorrangig auf die Entwicklung von neuartigen Modulinhalten zu Themen der Informatik, Bildung für nachhaltige Entwicklung, und der beruflichen Bildung. In einer zweiten Säule von Teilprojekten stehen dagegen innovative Formate im Mittelpunkt der angepeilten Ziele der Arbeit, die u.a. fachliche Inhalte aus der Chemie, Physik und zu fächerübergreifenden Kompetenzen zu *open educational resources*

(OER) betreffen. Alle Teilprojekte sollen ein gemeinsames Evaluationsinstrument für LFB nutzen, das im Rahmen des Projektes zudem weiterentwickelt werden soll.

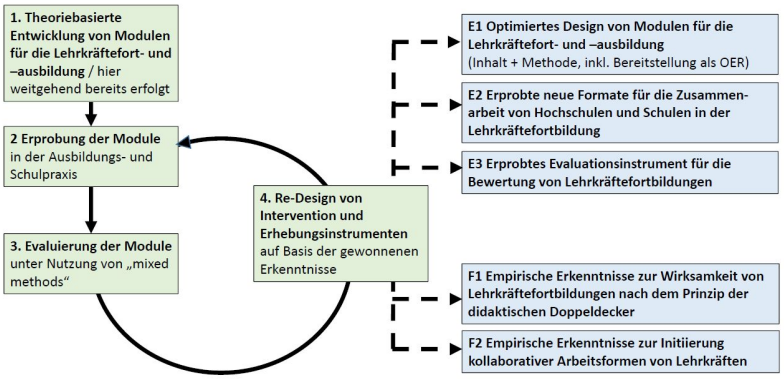


Abbildung 1: Für das Projekt angepasstes Design-Based-Research-Modell, Eigene Darstellung nach (Lehmann-Wermser & Konrad, 2016).

Geplante Arbeiten im Teilvorhaben zur Förderung experimenteller Kompetenzen

Aus physikdidaktischer Perspektive ist ein gemeinsames Teilprojekt der RWTH Aachen und der Universität Potsdam von besonderer Relevanz. Dieses ist in der Gruppe derjenigen Teilprojekte verortet, die stärker auf innovative Formate orientieren. Bezüglich der adressierten Ziele stehen in dem Teilprojekt einerseits optimierte Module für die Lehrkräfteaus- und -fortbildung im Mittelpunkt, die Smartphone-Experimente behandeln (Ziel E1). Zudem sollen in dem Teilprojekt empirische Erkenntnisse zur Initiierung kollaborativer Arbeitsformen von Lehrkräften gewonnen werden (Ziel F2).

Die Arbeiten bauen dabei auf der erfolgreichen App phyphox auf, die an der RWTH Aachen entwickelt wurde und vielfältige Smartphone-gestützte Experimente in allen naturwissenschaftlichen Fächern ermöglicht (Staacks et al., 2018; Staacks et al., 2018a). Zwei Besonderheiten der App sind dabei für das hier vorgestellte Teilprojekt besonders relevant:

(a) Alle Nutzer:innen von phyphox können sowohl vorbereitete experimentelle Settings verwenden und einfach ausführen als auch diese Experimentkonfigurationen modifizieren oder komplett neu erstellen und damit bedarfsgerecht anpassen (Staacks et al., 2018). Diese sind hierfür in phyphox als editierbare XML-Dateien implementiert. Diese Dateien legen die Datenquellen wie die auszulesenden Sensoren fest, definieren ggf. eine Auswertung der Daten als Folge mathematischer Operationen und geben an, wie die Ergebnisse darzustellen und zu exportieren sind. Die erstellten Konfigurationen können einfach mittels QR-Code verteilt werden (Staacks et al., 2023).

(b) Zum anderen können in diesen Experimentkonfigurationen neben den geräteinternen Sensoren auch Bluetooth-Geräte als Datenquellen benannt werden. Über Bluetooth Low Energy (BLE) können auf diese Weise unkompliziert praktisch beliebige zusätzliche Sensoren in der unmittelbaren Umgebung des Smartphones eingebunden werden, was sehr große experimentelle Freiheiten eröffnet (Dorsel et al., 2018; Dorsel, 2023).

Als Konsequenz überdecken die Kompetenzen beim Umgang mit Smartphone-gestützten Experimenten unter Nutzung der App phyphox einen weiten Bereich, der in Abb. 2 in Form einer Matrix aus Kompetenzleveln und –stufen aufgespannt wird. Die Kompetenzlevel definieren dabei die Art der Experimente, auf die die Nutzer:innen zugreifen. Hingegen wird auf den drei

Kompetenzstufen unterschieden, ob die Nutzer:innen vorhandene Materialien nutzen, Materialien nach Anleitung selbst erstellen oder Materialien eigenständig entwickeln.

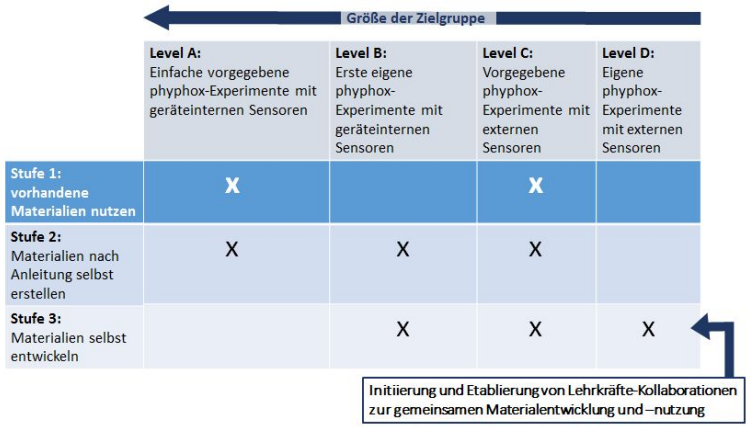


Abbildung 2: Darstellung von Kompetenzleveln und –stufen im Umgang mit Smartphone-Experimenten mit der App phyphox mit der Option zur eigenen Gestaltung der Experimente und von unterstützenden Materialien. Die markierten Felder können sinnvoll gefüllt werden (siehe Text).

Die Abb. 2 zeigt über die markierten Zellen, welche Elemente der Matrix sich sinnvoll füllen lassen. Konkret werden für diese Zellen im Rahmen des D4MINT-Teilprojekts LFB-Module entwickelt, eingesetzt und evaluiert. Die Angebote sollen dabei sowohl Präsenzveranstaltungen als auch online zugängliche Module umfassen. Auf der Kompetenzstufe 3 erscheint es dabei nicht nur sinnvoll, LFB zu gestalten, sondern den interessierten Personen auch explizite Angebote zur Vernetzung zu unterbreiten und/oder hierfür geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen. Ziel ist es, Kollaborationen von Lehrkräften zur Erstellung eigener Experimente oder geeigneter Zusatzmaterialien z.B. unter Nutzung von 3D-Druckern oder Lasercuttern zu ermöglichen und so zu fördern, dass diese auch langfristig wirksam werden können. Zusätzlich soll auch die Distribution praxistauglicher Produkte dieser Entwicklungen effektiv unterstützt und auf diesem Weg auch das Engagement der Lehrkräfte honoriert werden. Welche Wege für eine Initiierung und Etablierung von Lehrkräftekollaborationen zur Entwicklung von Experimenten und Zubehör besonders zielführend sein können, wird im Rahmen der D4MINT-Aktivitäten untersucht (Ziel F2 in Abb. 1). Zudem wird überprüft, welche Zuschreibungen zu unterschiedlichen Leveln des *Stages-of-Concern*-Modells (Hord et al., 2006) von Personen, die in Lehrkräftefortbildungen zu verschiedenen Zellen aktiv sind, gerechtfertigt sind.
Es ist zu erwarten, dass die Zahl der Interessenten, die im Rahmen von Fortbildungen Kompetenzen auf den verschiedenen Kompetenzleveln erwerben möchten, vom Level A bis D merklich sinken wird (siehe Abb. 2). Dies ist dadurch begründet, dass es naturgemäß sehr viel weniger aufwändig ist, einfache vorgegebene Experimente mit geräteinternen Sensoren durchzuführen (und entsprechende Fähigkeiten dazu zu erlernen), als eigene Experimente mit externen Sensoren zu entwickeln. Dies muss nicht zwingend auf verschiedene Interessenlagen zurückzuführen sein, sondern kann auch der typischerweise hohen zeitlichen Belastung von Lehrkräften geschuldet sein (vgl. z.B. Mußmann, 2020). Dass Experimente vom Level A bereits vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Schulunterricht aufweisen, rechtfertigt die Bemühungen zur Erstellung breit nutzbarer Materialien für LFB. Technische Entwicklungen wie ein aktuell entstehender blockly-basierter Editor für phyphox-Experimentkonfigurationen

oder eine Arduino-Library für phyphox-Experimente mit externen Sensoren (Staacks et al., 2023) helfen, die Übergänge zu den höheren Kompetenzleveln niederschwellig zu gestalten.

Literatur

Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A. A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. Educational Researcher, 32 (1), 9–13. https://doi.org/10.3102/0013189x032001009

Dorsel, D., Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Smartphone-Experimente mit externen Sensoren. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/883

Dorsel, D. (2023), Entwicklung der Nutzbarkeit externer Sensoren bei Smartphone-Experimenten und deren Einsatz in naturwissenschaftlichen Experimenten, Dissertation, RWTH Aachen University, https://publications.rwth-aachen.de/record/964136

Hord, S. M., Stiegelbauer, S. M., Hall, G. E., & George, A. A. (2006). Measuring implementation in schools: Innovation configurations. Austin, TX: SEDL. Available from http://www.sedl.org/pubs/catalog/items/cbam19.html

Lehmann-Wermser, A. & Konrad, U. (2016). Design-Based Research als eine der Praxis verpflichtete, theoretisch fundierte Methode der Unterrichtsforschung und -entwicklung. Methodologische Grundlagen, dargestellt am Beispiel eines Forschungsprojektes im Bandklassen-Unterricht. In J. Knigge & A. Niessen (Hrsg.), Musikpädagogik und Erziehungswissenschaft (S. 265–280). Waxmann. https://doi.org/10.25656/01:15312

Mußmann, F., Hardwig, T., Riethmüller, M., Klötzer, S. & Peters, S. T. M. (2020). Arbeitszeit und Arbeitsbelastung von Lehrkräften an Frankfurter Schulen 2020. Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerks. der Georg-August-Universität Göttingen. https://doi.org/10.3249/ugoe-publ-7

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft, 3 (1), 52–69. https://doi.org/10.25656/01:5787

Staacks, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018) Smarte Experimente in Physik Journal, 22 (9), 35-38

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018a) Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, in Physics Education, 53 (4), 045009, https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e

Staacks, S., Dorsel, D., Heinke, H., Stampfer, C. (2023) Das Labor im Miniformat in Physik Journal, 17 (11), 75-78

Martina Graichen[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Rebecca Klein[2]
Nadine Tramowsky[2]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg, Abteilung Physik
[2]Pädagogische Hochschule Freiburg, Abteilung Biologie

Fortbildungen zum digitalen adaptiven Unterrichten im Sachunterricht MINT-ProNeD

Heterogenität & Adaptivität

Die Zunahme einer heterogener werdenden Schülerschaft in der Grundschule stellt die Lehrkräfte, insbesondere beim naturwissenschaftlichen Experimentieren, vor große Herausforderungen. So sind der sozioökonomische Status, die Ethnizität/Kultur, Gender oder das spezifische Leistungsvermögen zu den Heterogenitätsdimensionen zu zählen (Heinzel, 2008) und können zum Aufbau von Lernbarrieren beitragen. Eine Lernbarriere kann z. B. eine mangelnde Lesekompetenz sein. Lesekompetenz gilt als die Fähigkeit, Geschriebenes zunächst zu verstehen und dann zu nutzen, um Wissen aufzubauen, Ziele zu erreichen und sich weiterzuentwickeln (OECD, 2001; S. 23).

Eine vielversprechende Herangehensweise bieten adaptive Lernumgebungen, die Partizipation der Lernenden ermöglichen, auch wenn die Lesefähigkeit nicht oder eher gering ausgeprägt ist. Adaptivität bedeutet, dass Lernende möglichst passende Lernmaterialien erhalten (Sibley et al., 2023), also in der Zone der proximalen Entwicklung (Vygotsky, 1978) abgeholt und damit weder unter- noch überfordert werden. Im Idealfall ist für die Adaption des Lernmaterials eine Diagnose vorgeschaltet, aufgrund derer die Lernmaterialien konzipiert bzw. ausgewählt werden. Zum Beispiel kann die Diagnose der Lesekompetenz vor der Nutzung einer Lernumgebung erfolgen, wonach die Lernenden entweder Materialien mit oder ohne visuelle Unterstützung erhalten.

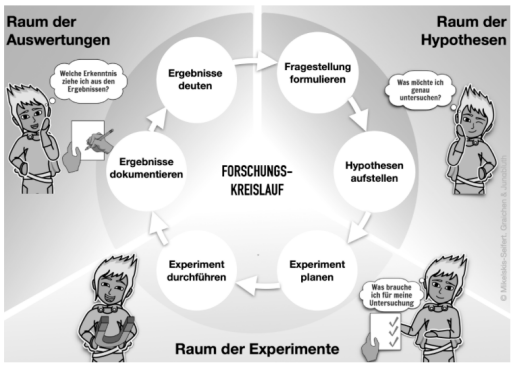
Digitalität & DPACK

Adaptives Unterrichten (Corno, 2008) kann aufgrund der vielfältigen Unterstützungsmöglichkeiten vor allem durch digitale Technologien gelingen (Plass & Pawar, 2020, Huwer et al., 2020). So können Lernende auf Zusatzmaterialien oder Scaffolds zugreifen (Dyrna, 2021) und sich Textinhalte z. B. vorlesen lassen, oder Antwortsätze im Audioformat aufnehmen und in eine entsprechende Lernumgebung einbetten.

Mit dem Ruf nach digitalen, adaptiven Lernmaterialien ist die Förderung von Kompetenzen bei Lehrkräften verbunden. Ein Orientierungsrahmen stellt das DPACK-Modell (Huwer et al., 2019) dar, eine Erweiterung des TPACK-Modells um die Digitalisierung. Darin ist die Digitalisierung ein eigenständiger Kompetenzbereich, zusätzlich zur pädagogischen und inhaltlichen Kompetenz (Fachdidaktik und Fachwissenschaft). Somit ist Digitalisierung ein Kernaspekt des Lehkräftewissens.

Sachunterricht und Experimentieren

Experimente sind eine wesentliche Arbeitsmethode im naturwissenschaftlichen Sachunterricht und Bestandteil des Bildungsplans (KMK, 2016). Im Gegenzug zu Kindern (Frischknecht & Labudde, 2013) zeigen Grundschullehrkräfte Ressentiments beim Experimentieren im Sachunterricht (Gaffron & Gröger, 2020).



Gründe sind fehlendes Professionswissen von Lehrkräften (Möller 2004) sowie zahlreiche Herausforderungen bei der Umsetzung (Hermanns et al., 2018), besonders in heterogenen Klassen (Küpper & Weck, 2021). Demzufolge sollen Lehrkräfte bei der Konzipierung digitaler Experimentierumgebungen unterstützt werden. Ein Orientierungsrahmen stellt der Forschungskreislauf (siehe Abb.) dar (vgl. Zahra-Ecker et al., 2019).

Lehrkräfteprofessionalisierung & Fortbildungen

Basierend auf den Merkmalen erfolgsversprechender Fortbildungen nach Lipowsky & Rzejak (2021) und dem 4C/ID Modell (van Merriënboer, 2020) wurde ein Fortbildungskonzept entwickelt. Dabei steht der Praxisbezug im Vordergrund, da alle Lerneinheiten und Reflexionen am Lernen der Schüler*innen ausgerichtet sind und relevante Grundschulexperimente im Mittelpunkt stehen. So sollen sich die Lehrkräfte zum Beispiel mit Hilfe von MuxBooks (= *multimedia user experience books*) in die Gestaltung digitaler Experimentierumgebungen einarbeiten (pädagogischer Doppeldecker). Zugleich können die Lehrkräfte MuxBooks mit relevanten Experimenten selbst im Unterricht verwenden. Basierend auf den Eckpunkten des 4C/ID-Modells werden die Aufgaben für die Lehrkräfte immer komplexer, wobei die Lehrkräfte jeweils an einem MuxBook arbeiten, um den kompletten Prozess im Blick zu haben.

Fragestellungen

1. Wie sollen Fortbildungen für Lehrkräfte im Fachbereich Sachunterricht gestaltet sein, um digitales und adaptives Unterrichten effektiv zu unterstützen und zu fördern?
2. Wie lassen sich unter Berücksichtigung bestimmter Lernbarrieren – z. B. unterschiedliche Lesefähigkeit der Schüler*innen – digitale Experimentierumgebungen im Sachunterricht implementieren?
3. Wie nehmen die Lehrkräfte ihre Kompetenzen in Bezug auf das digitale und adaptive Unterrichten im Sachunterricht wahr? Verändert sich die Wahrnehmung durch die Fortbildung?
4. Wie verändert sich das Experimentieren der Schüler*innen durch einen digitalen und adaptiven Unterricht?

Vorgesehener Ablauf

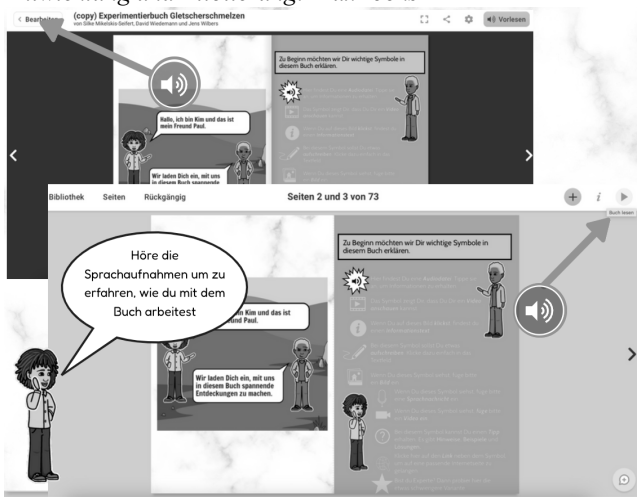
Die Laufzeit ist von April 2023 bis September 2025 festgelegt. Während dieser Zeit sind folgende Schritte im Projekt vorgesehen:

- Bedarfsanalyse
  Herbst 2023 – Winter 2023/2024
- Entwicklung und Pilotierung: MuxBooks
  Mai 2023 – Frühjahr 2024
- Lehrerfortbildung – mit Evaluation auf Seite der Schüler*innen und Lehrkräfte
  ab Frühjahr / Frühsommer 2024

Bedarfsanalyse

Zu Beginn (Herbst 2023) wird eine Bedarfsanalyse mit Lehrkräften durchgeführt, um herauszufinden, welche Inhalte aber auch zeitlichen Rahmenbedingungen sich die Lehrkräfte für eine Fortbildungsreihe zum Unterrichten mit digitalen Experimentierumgebungen im Sachunterricht wünschen und vorstellen. Aufgebaut wird hierbei auf bereits bestehenden Forschungsbefunden.

Entwicklung und Pilotierung: MuxBooks



Um die Lehrkräfte beim Erlernen und im Umgang mit MuxBooks zu unterstützen, werden ab 05/2023 MuxBooks entwickelt und hinsichtlich der Lernwirksamkeit im Winter 2023/2024 überprüft. Diese werden als *Best Practice*-Beispiele in den Fortbildungen vorgestellt und gleichzeitig als Lerngelegenheiten genutzt.

Lehrerfortbildung

Geplant wird die Fortbildung mit drei vor-Ort Terminen (ab Frühjahr 2024), in denen die Lehrkräfte MuxBooks ausprobieren und eigene Erfahrungen sammeln. Dabei werden die Lehrkräfte im ersten Termin mit MuxBooks vertraut gemacht und erhalten eine Einführung. Diese ist so gestaltet, dass die Lehrkräfte die MuxBooks in der darauffolgenden ersten Praxisphase mit ihren Schüler*innen ausprobieren können. Somit sammeln die Lehrkräfte Erfahrungen mit MuxBooks im Unterricht (Praxis 1), und führen ihre Schüler*innen an das neue Medium heran.

Im zweiten vor-Ort Termin setzen sich die Lehrkräfte mit einer Lernumgebung zum Schwimmen und Sinken auseinander und erproben diese anschließend im Unterricht (Praxis 2).

Im dritten vor-Ort Termin entwickeln die Lehrkräfte, mit Hilfe von MuxBooks-Vorlagen und bereits bestehenden Experimentierkästen, eigene Lernumgebungen für den Sachunterricht, die sie im Anschluss ebenfalls im Unterricht einsetzen können.

Gleichzeitig vernetzen sich die Lehrkräfte in den vor-Ort Terminen und tauschen sich aus.

In zwei virtuellen Phasen, die jeweils zwischen den Vor-Ort Terminen stattfinden, halten die Lehrkräfte zielführende kurze inhaltliche Inputs zu passenden Thematiken (z.B. adaptives Unterrichten, digitale Medien).

Parallel wird die Fortbildung sowohl auf Seiten der Schüler*innen, als auch auf Seite der Lehrkräfte wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Evaluierung soll sowohl auf Seiten der Schüler*innen als auch der Lehrkräfte jeweils im Prä-Post-FollowUp Design stattfinden.

Literatur

Bartzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In: Rieß, W. Wirtz M. A., Bartzel, B. & Schulz A. (Hrsg.): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. S. 103-128. Waxmann.

Corno, L. (2008). On Teaching Adaptively. Educational Psychologist, 43(3), 161–173.

Dyrna, J. (2021). Mit digitalen Medien selbstgesteuert lernen? Ansätze zur Ermöglichung und Förderung von Selbststeuerung in technologieunterstützten Lernprozessen. In J. Dyrna, J. Riedel, S. Schulze-Achatz & T. Köhler (Hrsg.), Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung: Ein Handbuch für Theorie und Praxis (S. 247–261). Waxmann.

Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2013). Beobachten und Experimentieren. In: P. Labudde (Hrsg.). Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr. Bern: Haupt, 133-148.

Gaffron, J. & Gröger, M. (2020): Children like to experiment, many teachers apparantly do not. In: Gröger, M., Prust, C. & Flügel, A. (Hrsg.): Cultural Appropriation of Spaces and Things. Universi-Verlag, 87-97.

Heinzel, F. (2008). Umgang mit Heterogenität in der Grundschule. In: Ramseger, J., Wagener, M. (eds) Chancenungleichheit in der Grundschule. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Huwer, J., Banerji, A., & Thyssen, C. (2020). Digitalisierung -Perspektiven für den Chemieunterricht. Nachrichten aus der Chemie, 68(10), 10-16. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/nadc.20204100187

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK - Digitalisierung des Unterrichts erfordert mehr als technisches Wissen. MNU(5), 358-364.

KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt. Beschluss vom 08.12.2016, Fassung vom 07.12.2017. Berlin: KMK (= Kultusministerkonferenz).

Küpper, A. & Weck, H. (2021). Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht mit digitalen Medien gestalten. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, und C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaften und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 10–25). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Mikelskis-Seifert, S. & Wiebel, K. (2011). Anschlussfähige naturwissenschaftliche Kompetenzen erwerben durch Experimentieren. Kiel: IPN.

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merkens (Hrsg.), Lehrerbildung: IGLU und die Folgen (S. 65–84). Opladen: Leske + Budrich.

OECD (2001). Lernen für das Leben. Erste Ergebnisse der Internationalen Schulleistungsstudie PISA 2000. Paris: OECD.

Plass, J. L., & Pawar, S. (2020). Toward a taxonomy of adaptivity for learning. Journal of Research on Technology in Education, 52(3), 275–300. https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1719943

Textor, A., Matis, J., Rüting, A. & Zingler, H. (2018). Einführung in die Inklusionspädagogik (UTB Schulpädagogik, Sonderpädagogik, Bd. 4340). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Schmidt, M. (2015). Professionswissen von Sachunterrichtslehr-kräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung “. Berlin: Logos.

Sibley, L. & Lachner, A. (2023). Adaptiver Unterricht: Wie er funktioniert und was digitale Medien leisten können. Campus Schulmanagement.

van Merriënboer, J.J.G. (2020). Das Vier-Komponenten Instructional Design (4C/ID) Modell. In: Niegemann, H., Weinberger, A. (eds) Handbuch Bildungstechnologie. Springer, Berlin, Heidelberg.

Zahra-Ecker, A., Ritz, M. M. & Wahl, M. (2029). Der Einsatz von Experimentieren in der Primarstufe – die Verknüpfung von Theorie und Praxis. In: HoBiFo- Haushalt in Bildung & Forschung, 1-2019, S.105-115.

Celina Kiel
Stefanie Schwedler
Universität Bielefeld

Lehrkräftefortbildungen zum Lernen mit Simulationen im teutolab-chemie

Ausgangslage: Angesichts der digitalen Transformation der Bildungslandschaft (Vogelsang, 2019, KMK, 2016) ist die Notwendigkeit der Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen für Schüler*innen und Lehrkräfte zu konstatieren (Vogelsang et al., 2019). Zudem bringen digitale Medien für den MINT-Unterricht einige potenzielle Mehrwerte zur Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen mit sich (Hillmayr et al., 2020; Chiu, 2021). Nach dem TPACK-Modell erfordert der sinnstiftende Einsatz digitaler Tools im Unterricht auf Seiten der Lehrkräfte die vernetzte Anwendung von technologischem, pädagogischem und fachinhaltlichem Wissen (Mishra & Köhler, 2006). Vor allem die vernetzte Aneignung dieser drei Wissensfacetten stellt Herausforderung und Chance (Mishra & Koehler, 2006) für eine erfolgreiche Integration digitaler Tools in den Naturwissenschaftsunterricht dar. Dies zeigt einen Bedarf an disziplinspezifischen Lehrkräftefortbildungen (Stinken-Rösner, 2021), welche durch die Komplexität der zu vermittelnden Inhalte hohen Ansprüchen genügen muss. Nach DiKoLAN (Becker et al., 2020) sind unter Anderem Kompetenzen im Bereich Simulationen und Modellierungen ein wichtiger Bestandteil des digital angereicherten Chemieunterrichts.

Simulationen im Chemieunterricht: Die Nutzung von Simulationen, insbesondere als Zugang zur submikroskopischen Ebene, spielt für den Chemieunterricht eine wichtige Rolle, um das Verständnis von komplexen chemischen Prozessen und Vielteilchensystemen zu verbessern (Orgill, 2019, Landriscina, 2013, Tinker, 2008). Entsprechend sind Simulationen im aktuellen Kernlehrplan NRW implementiert worden (MSB, 2022). Die Eigenschaften von Simulationen umfassen neben der Anschauung auch die flexible Nutzung in zeitlicher und räumlicher Dimension (Landriscina, 2013) und die Dynamik und Interaktivität zur Analyse komplexer Prozesse und Systeme. Simulationen werden von Landriscina (2009; 2013) als die am besten geeignete Instruktionsmethode für solche Lernaufgaben, die die progressive Veränderung der mentalen Modelle von Lernenden erfordern, bezeichnet.
Trotz guter Verfügbarkeit von Simulationen auf dem Bildungsmarkt haben (angehende) Chemielehrkräfte meist wenig Erfahrung mit ihnen (Vogelsang, 2019) und nutzen Simulationen kaum im Unterricht (Eickelmann, 2019). Dies lässt ein fehlendes Vorwissen der Lehrkräfte im Bezug zum Lernen mit Simulationen annehmen. Insbesondere Lehrkräfte, welche sich bereits im Schuldienst befinden, müssen weitere Kompetenzen in der Gestaltung und Implementierung digitaler Lernsettings aufbauen (Huber et al., 2020).
Dabei erfordert der Einsatz modellbasierter Simulationen (wie der aller digitaler Tools) als wirkmächtige Lernmittel spezifische didaktische Kenntnisse (Becker et al., 2020) in der Planung und Umsetzung von Unterricht. So sollten die eingesetzten Simulationen den Prinzipien der *cognitive theory of multimedia learning* (CTML) (Mayer, 2014) entsprechen. Darüber hinaus sind die fachdidaktische Konzeption und Gestaltung des zugehörigen Lernwegs essentiell, weswegen hier auch der Fokus der didaktischen Forschung liegt (de Jong, 2010). So bedarf es Lernsettings, die sich an epistemischen Modellierungsschritten orientieren (Landriscina, 2013) und kognitives Engagement gezielt unterstützen (Chi & Wylie, 2014).

Das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen steht den meisten Lehrkräften zur Verfügung (Krauss & Bruckmaier, 2014), jedoch wird speziell im fachspezifischen Umgang mit digitalen Medien häufig zusätzliche Hilfe benötigt (Huwer et al., 2019).
Zur Übermittlung dieser Kompetenzen und Ausbau der professionellen Expertise muss das Fortbildungsangebot der dritten Phase der Lehrkräftebildung ausgeweitet werden (Bonnes, Wahl & Lachner, 2022). Eine Lehrkräftefortbildung zum Lernen mit Simulationen stellt dem entsprechend eine notwendige Ergänzung dar.

Transferstarke Lehrkräftefortbildungen: Lehrkräftefortbildungen sind nicht per se lernwirksam, sondern müssen hohen inhaltlich-strukturellen und didaktischen Qualitätskriterien genügen, um einen nachhaltigen Transfer der zu vermittelnden Kompetenzen in die schulische Lehrpraxis zu unterstützen (Lipowski, 2013). Nach Lipowski (ebd) müssen dazu in der Gestaltung der Fortbildung insbesondere die Aneignungs- und Identifikationsprozesse der Lehrkräfte berücksichtigt werden. Als methodische Rahmung bieten sich projektbasierte Lehrformate (Krajcik & Blumenfeld, 2006) an, um den Lehrkräften ein tieferes Verstehen sowie authentische, praxisnahe Exploration relevanter Lehrpraktiken zu ermöglichen. In projektbasierten Lehrformaten loten die Teilnehmenden ein authentisches Problem in der Tiefe aus und erarbeiten kollaborativ und reflektierend Arbeitsprodukte, die das Ausgangsproblem adressieren, wobei das Lehrformat eine auf die Wünsche und Lernbedürfnisse der Teilnehmenden eingehende Teilhabe ermöglicht (Krajcik & Blumenfeld, 2006).
Mit Blick auf die Vermittlung schulischer Lehrpraktiken ist zudem ein geschützter, authentischer Lernort von Vorteil, in dem Lehrkräfte neue Lehrpraktiken explorieren können. Dafür bieten sich Schüler*innenlabore als Innovationsmotor in der Naturwissenschaftsdidaktik an (Euler & Schüttler, 2020). Schüler*innenlabore können sich schneller als formale Bildungsorte den Herausforderungen der digitalen Transformation stellen und bieten reichhaltige Erfahrung in der Förderung von Motivation und Interesse (Schüttler et al., 2021). Für Lehrkräfte bieten Schüler*innenlabore authentische, motivierende und innovative Lernsettings. Allerdings werden sie bisher meist in der ersten Phase der Lehramtsausbildung eingesetzt und sind als Ort für digitale Fortbildungen wenig erschlossen (Brüning et al., 2020).

Ziele des Projekts: Das Ziel des vom BMBF geförderten Projektes „LFB-labs-digital“ ist es, Schüler*innenlabore als Ort der Lehrkräftefortbildung systematisch zu erschließen. Dazu soll im Rahmen des Teilprojektes Chemie zum einen eine transferstarke Lehrkräftefortbildung zum Lernen mit Simulationen konzipiert werden, in der Lehrkräfte projektbasiert in multiprofessionellen Teams Lernsettings mit Simulationen für das Schüler*innenlabor teutolab-chemie entwickeln und diese mit ihren Schüler*innen erproben, reflektieren und auf den eigenen Unterricht übertragen.
Zum anderen sollen die Implementationsbarrieren wie didaktisches Wissen (TPACK), Selbstwirksamkeit und Akzeptanz bezüglich des Lernens mit Simulationen erforscht, sowie Gelingensbedingungen und Wirksamkeit der projektbasierten Lehrkräftefortbildung hinsichtlich des Praxistransfers ermittelt werden.

Konzept der Lehrkräftefortbildung: Bei der konzipierten Lehrkräftefortbildung handelt es sich um ein mehrtägiges Format, welches in unterschiedliche Phasen aufgeteilt wird. In Abbildung 1 werden die vier Phasen der Lehrkräftefortbildung schematisch dargestellt.

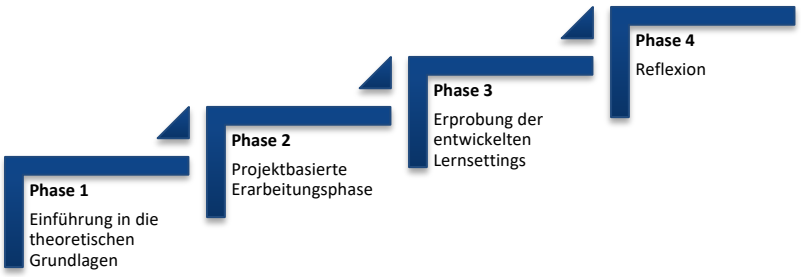


Abbildung 1: Darstellung der vier Phasen des Konzeptes der Lehrkräftefortbildung.

Zu Beginn der ersten Veranstaltung findet eine Einführung in das Thema Simulationen statt. Die Lehrkräfte erhalten thematische Inputs und erarbeiten die Grundlagen zum Lernen mit Simulationen. Bestandteile dieser Tagesstruktur sind plenare Phasen, individuelle Auseinandersetzungen und kollaborative Arbeit. Anschließend folgt die Phase des projektbasierten Lernens. Die Lehrkräfte arbeiten in multiprofessionellen Teams mit wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Universität und Studierenden zusammen an der Implementation von Moleküldynamiksimulationen in ein Lernsetting des Schüler*innenlabors.
Nachdem die Lernsettings in der Phase des projektbasierten Lernens entwickelt wurden, werden diese selbst entwickelten Lernsettings mit den eigenen Schüler*innen im Schüler*innenlabor erprobt, getestet und individuell reflektiert. Als Abschluss der Fortbildung folgt die Reflexionsveranstaltung. Ziel dieses Tages ist ein Erfahrungsaustausch mit den Lehrkräften und den Lehrkräften untereinander, sowie die allgemeine Reflexion der entwickelten Lernsettings und der eventuellen Änderung der eigenen Haltung und Selbstwirksamkeit beim Lernen mit Simulationen.

Forschungsvorhaben: Die sequentielle Lehrkräftefortbildung wird nach dem Paradigma des *design-based-research* entwickelt und somit zyklisch evaluiert. Während der Fortbildung soll ermittelt werden welche Vorerfahrungen und welchen Wissensstand Lehrkräfte zum Einsatz von Simulationen im Chemieunterricht haben. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Einfluss der Methode des projektbasierten Lernens auf die Überwindung der Implementationsbarrieren.
Ein erstes Konzept wird im Januar 2024 mit Lehrkräften (N ca. 10) erprobt, anschließend optimiert und im Wintersemester 2024/25 erneut durchgeführt. Beide Interventionsiterationen werden durch quantitative Fragebögen (Prä-Post) und begleitende Einzelfallstudien (Interviews, Arbeitsergebnisse, teilnehmende Beobachtung, Gruppeninterviews) mit Follow-Up-Erhebung begleitet. Allgemeines Ziel ist die Erhebung von Akzeptanz, Selbstwirksamkeit und didaktischem Wissen (TPACK) der Lehrkräfte sowie der Implementationsbarrieren in Bezug zum Lernen mit Simulationen. Ebenfalls werden die Gelingensbedingungen der Fortbildung mit dem Fokus auf der Methode des projektbasierten Lernens evaluiert.

Literatur

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., & Thyssen, C. (2020). Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.

Bonnes, C., Wahl, J. & Lachner, A. (2022). Herausforderungen für die Lehrkräftefortbildung vor dem Hintergrund der digitalen Transformation. ZfW, 45:133–149.

Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H. & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch-konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (S. 13–26). Springer Spektrum.

Chi, M.T.H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist, 49 (4), 219–243.

Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Education Sciences, 11.

de Jong, T. (2006) Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. Science (80)., 312 (5773), 532–533.

Eickelmann, B. (2019). Lehrerfortbildung im Kontext der digitalen Transformation: Herausforderungen, Befunde und Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung des Bildungssystems. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), *Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde – Standardbildung und Lösungsansätze* (S. 208–228). Klett Kallmeyer.

Euler, M., Schüttler, T. (2020). Schülerlabore. In: Kircher, E., Girwidz, R., Fischer, H. (eds) Physikdidaktik | Methoden und Inhalte. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta- analysis. Computers Education,153, 103897.

Huber, S.G., Günther, P.S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J.A. & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 – aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schulbarometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Waxmann.

Krajcik, J.S., Blumenfeld, P.C. (2006). Project-Based Learning, In R.K. Sawyer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of the Learning Sciences (S. 317–334). Cambridge University Press.

Landriscina, F. (2013). Simulation and Learning: A Model-Centered Approach. Springer VS.

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). Welche Art von Fortbildung wirkt? In B. Jungkamp & M. Pfafferott (Hrsg.), *Was Lehrkräfte lernen müssen. Bedarfe der Lehrkräftefortbildung in Deutschland* (S. 19–38). Netzwerk Bildung.

Mayer, R.E. (2014) Cognitive theory of multimedia learning, in The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (eds.Mayer, R.E.), Cambridge University Press, New York, 43–71.

Mishra, P. & Köhler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teachers' Knowledge. *Teachers College Record, 108* (6), 1017–1054.

Orgill, M.K., York, S., und Mackellar, J. (2019) Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. J. Chem. Educ., 96 (12), 2720–2729.

Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung. Didaktik der Physik. Frühjahstagung.

Schüttler, T., Watzka, B., Girwidz, R. & Ertl, B. (2021). Die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse und die Relevanzwahrnehmung beim Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors. ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27, 109–125.

Tinker, R.F., und Xie, Q. (2008) Applying Computational Science to Education: The Molecular Workbench Paradigm. Comput. Sci. Eng., 10 (5), 24–27.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*, 115–129.

Förderhinweis:
Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wieder. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.

Marina Brusdeilins[1]
Simone Abels[2]
Eva Blumberg[3]
Maja Brückmann[4]
Celina Kiel[1]
David Meyer[4]
Stefanie Schwedler[1]
Lisa Stinken-Rösner[1]
Annkathrin Wenzel[3]
Mathias Ziegler[1]

[1]Universität Bielefeld
[2]Leuphana-Universität Lüneburg
[3]Universität Paderborn
[4]Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

Schülerlabore als Ort der Lehrkräftefortbildung in der digitalen Welt

Ausgangslage: Die digitale Transformation der Bildungslandschaft erfordert verstärkte Anstrengungen in der Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen von Schüler*innen und schulischen Lehrkräften (Eickelmann, 2019; Huber et al., 2020; Vogelsang et al., 2019). Dieser Bedarf betrifft insbesondere bereits im Schuldienst befindliche Lehrkräfte (Huber et al., 2020) und äußert sich in der geringen unterrichtlichen Nutzungshäufigkeit digitaler Medien (Eickelmann, 2019). Passende Lehrkräftefortbildungen (LFBs) müssen dabei hohe Anforderungen durch die Komplexität des zu vermittelnden Wissens erfüllen: Lehrkräfte benötigen eng verzahntes Wissen an der Schnittstelle zwischen Technik/Digitalität, Pädagogik und Fachdisziplin (TPACK nach Mishra & Köhler, 2006), um digitale Tools sinnstiftend im Unterricht einsetzen zu können. Darüber hinaus ist eine hohe inhaltlich-strukturelle Qualität der Angebote (unter Berücksichtigung von Aneignungs- und Identifikationsprozessen seitens der Lehrkräfte, vgl. Lipowsky & Rzejak, 2021; Altrichter, 2019) erforderlich, um den Transfer von Fortbildungsinhalten in die unterrichtliche Lehrpraxis zu unterstützen. Parallel dazu ist eine (im Vergleich zum gesellschaftlichen Bedarf) zu geringe Motivation von Schüler*innen für MINT-bezogene Themen festzuhalten (Großmann et al., 2021), wobei Schülermotivation und -interesse im Verlauf der Schulzeit deutlich abnehmen (z.B. Großmann et al., 2021; Krapp & Prenzel, 2011). Es ist daher das explizite Ziel von Schülerlaboren, Motivation und Interesse an MINT-Fächern durch authentische, innovative Lernsettings zu stärken und die Fachkräftegewinnung zu unterstützen (Euler & Schüttler, 2020; Nickolaus et al., 2018; Scharfenberg et al., 2019). Dazu bieten Schülerlabore den Lehrkräften auch Gelegenheit zur Beobachtung und Exploration (Euler & Schüttler, 2020).

Das Projekt LFB-Labs-digital: Das BMBF-geförderte Projekt *LFB-Labs-digital* hat zum Ziel, MINT-Schülerlabore als Ort transferstarker LFBs in der digitalen Welt zu erschließen. Dazu werden projektbasierte LFBs, in denen Lehrkräfte verschiedene digitale Tools mit eigenen Lerngruppen im Schülerlabor explorieren, für sieben MINT-Disziplinen entwickelt. Im Fokus der Forschung stehen die Gestaltungsprinzipien und Gelingensbedingungen solcher LFBs, die Analyse der motivationalen Wirkung digitaler Tools sowie die Identifikation von Implementations-barrieren digitaler Werkzeuge in der Schulpraxis. Auf der 1. Projektebene erfolgt die fachspezifische Entwicklung und Evaluation der LFBs. Projekte der Ebene 2 widmen sich fachübergreifenden Fragestellungen wie dem Einfluss der Fortbildungen auf Motivation und Interesse, der Untersuchung selbstgesteuerten Lernens sowie der Qualitätssicherung. Projektebene 3 verfolgt systemische Fragen der digitalen Infrastruktur,

der Implementierung und des Transfers. Im Folgenden werden vier Teilprojekte aus Physik-, Chemie- und Sachunterrichtsdidaktik genauer erläutert.

Schülerlabor Chemie - Lernen mit Simulationen: Ausgehend von den im DiKoLAN-Rahmen festgehaltenen Kompetenzen sind Simulationen und Modellierungen ein wichtiger Bestandteil von digital angereichertem Chemieunterricht (Becker et al., 2020) und besonders effektiv für die progressive Veränderung von mentalen Modellen (Landriscina, 2013). Lehrkräfte nutzen dennoch kaum Simulationen im Chemieunterricht (Eickelmann, 2019). Deshalb wird das Ziel verfolgt, die Implementationsbarrieren bezüglich des Lernens mit Simulationen zu eruieren und abzubauen und die Gelingensbedingungen für projektbasierte Lehrkräftefortbildungen zu identifizieren.
In der zu entwickelnden LFB sollen sich die Lehrkräften ein verständnisfördernden Einsatz von Simulationen im Chemieunterricht aneignen. Um einen nachhaltigen Transfer zu unterstützen, entwickeln die Lehrkräfte projektbasiert in multiprofessionellen Teams Lernsettings mit Simulationen für das Schülerlabor teutolab-chemie und erproben diese mit ihren Schüler*innen. Diese Erprobung wird anschließend reflektiert und eine mögliche Übertragung auf den eigenen Unterricht besprochen.
Eine gemäß des *design-based-research*-Ansatzes zu entwickelnde sequenzielle Fortbildung wird zweimalig durchgeführt. Beide Interventionsiterationen werden im Prä-Post-Follow-Up-Design durch standardisierte Fragebögen, teilnehmende Beobachtungen und qualitative Interviews zur Erhebung der Gelingensbedingungen und Implementationsbarrieren begleitet. Zudem werden die während der Fortbildung entstandenen Arbeitsergebnisse der Lehrkräfte analysiert.

Schülerlabor Physik - Lernen mit (interaktiven) Experimentiervideos: (Interaktive) Experimentiervideos werden für den Physikunterricht immer bedeutsamer. Sie stellen durch ihren adaptiven Charakter eine wichtige Verbindung zu den Erkenntnisgewinnungsprozessen der Schüler*innen dar und können so kognitiv aktivierend wirken (Chi & Wylie, 2014).
In den LFBs des Schülerlabors teutolab-physik werden (interaktive) Experimentiervideos unter fachdidaktischen Gesichtspunkten von den Teilnehmer*innen im Rahmen einer Community of Practice mit variierender Gruppenzusammensetzung entwickelt und deren Einsatz evaluiert. Damit wird das Ziel verfolgt, die Gelingensbedingungen und Implementationsbarrieren von (interaktiven) Experimentiervideos zu erheben und die daraus entstehenden Effekte auf die Selbstwirksamkeitserwartung, die Akzeptanz und das professionelle Wissen (TPACK) der Lehrkräfte zu untersuchen. Das Konzept der LFB umfasst drei Phasen. In der ersten Phase werden die Videos inhaltlich eingeführt und die sinnvolle Einbindung in den Physikunterricht thematisiert. Die zweite Phase besteht aus einem theoretischen und technischen Teil, in dem Grundlagen zur Erstellung von (interaktiven) Experimentiervideos erlernt und angewendet werden. Abschließend wird der Einsatz der (selbsterstellten) Produkte im Schülerlabor teutolab-physik erprobt, wonach eine gemeinsame Reflexion hinsichtlich der Produktion sowie des Einsatzes in die Schulpraxis erfolgt (dritte Phase). In der Begleitstudie werden, neben standardisierten Fragenbögen im Prä-Post-Design, (retrospektive) Interviews sowie teilnehmende Beobachtungen durchgeführt und die in Kombination mit den in den LFBs entwickelten Produkten der Teilnehmer*innen analysiert.

Schülerlabor Sachunterricht - Außerschulisches Lernen digital dokumentieren: Die Ausbildung von Medienkompetenzen wie die digital begründete Dokumentation und

Präsentation von Lernergebnissen wird überfachlich sowie für den Sachunterricht eingefordert (GDSU, 2013). Allerdings setzen Sachunterrichtslehrkräfte bislang wenig digitale Medien im Unterricht ein (Blumberg & Sicking, 2020) und zeigen diesbezüglich geringe Fortbildungsaktivitäten (Schwippert et al., 2020). Die bislang ungenutzten Chancen außerschulischen Lernens in Kombination mit digitaler Dokumentation und Präsentation von Unterricht könnte sich als lern- und motivationsfördernd im Sachunterricht auswirken (Hampf, 2022). Durch die LFBs im Sachunterricht im Schülerlabor „coolMINT“ soll der Einsatz verschiedener digitaler Tools zur Projektdokumentation im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht gestärkt werden. Über die Förderung der Akzeptanz, Selbstwirksamkeit und des professionellen Wissens (TPACK) der Lehrkräfte geht es auch um die Stärkung der Motivation und der selbstbezogenen Einschätzungen der Schüler*innen.
Das Lehrkräftefortbildungskonzept umfasst drei Phasen: In der ersten Phase werden mit den Sachunterrichtslehrkräften verschiedene Tools für digitale Präsentationen erarbeitet, z.B. *TaskCards, Educaplay, Canva*. Die zweite Phase besteht aus einer praktischen Umsetzung, wobei die Lehrkräfte mit ihren Lerngruppen die Tools zur Dokumentation eines Unterrichts zum Thema „Wind und Windenergie“ nutzen. Abschließend erfolgt eine gemeinsame Reflexion. Zur Evaluierung werden vorrangig quantitative Fragenbögen im Prä-Post-Design eingesetzt sowie die im Rahmen der LFBs entstandenen Produkte qualitativ analysiert.

Qualitätsmanagement- *Good-Practice* und Lehrkräftebefragungen: Das Qualitätsmanagement (QM) spielt eine entscheidende Rolle bei der kontinuierlichen Verbesserung von Bildungsinhalten und -materialien (Knispel, 2008). Im Projekt *LFB-Labs-digital* fokussiert es den Austausch zwischen den entwickelten Lehrer*innenfortbildungen und die Evaluation von deren Good-Practice-Beispielen. LFBs weisen dabei eine konzeptionelle Komplexität auf, die sich auf die Qualität und die Wirksamkeit der Fortbildungen auswirkt (Lipowsky & Rzejak, 2021). Das Angebots-Nutzungsmodell verdeutlicht die multifaktoriellen Einflussfaktoren im Kontext von LFBs (Lipowsky & Rzejak, 2019). Sowohl die Angebotsseite gestaltet durch die Fortbildner*innen als auch die Nutzungsseite durch die Lehrer*innen, beeinflussen die Wirksamkeit. Dabei spielen das Wissen, die Überzeugungen, die Motivation sowie die professionellen Kompetenzen der Fortbildner*innen eine entscheidende Rolle (Rueß & Wessels, 2020). Der Fortbildungserfolg auf der Nutzungsseite findet auf mehreren Ebenen statt. Neben der allgemeinen Akzeptanz und Zufriedenheit der teilnehmenden Lehrer*innen spielt die Erweiterung der professionellen Kompetenzen und Überzeugungen (z.B. TPACK), die Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität sowie die Förderung der Lernens auf Seiten der Schüler*innen eine Rolle (Lipowsky & Rzejak, 2019).
Das Qualitätsmanagement organisiert zum einen in (virtuellen) Formaten wie Ideation Jam, Webtalks und Shadowing-Prozessen den Austausch von Good-Practice-Beispielen zwischen den Fortbildner*innen und initiiert die Weiterentwicklung der LFBs durch Next-Practice-Beispiele. Ziel ist die Synthese von Best-Practice-Beispielen für wirksame LFBs.

Ausblick: Derzeit läuft die erste Konzeptionsphase für Lehrkräftefortbildungen. Die Durchführung und Beforschung der ersten Interventionsschleife erfolgt im Laufe des Wintersemesters 2023/24, eine zweite Interventionsphase ist für das WiSe 2024/25 geplant.

Literatur

Altrichter, H. (2019). Transfer ist Arbeit und Lernen. In C. Schreiner, C. Wiesner, S. Breit, P. Dobbelstein, M. Heinrich & U. Steffens (Hrsg.), Praxistransfer Schul- und Unterrichtsentwicklung (S. 27–33). Waxmann.

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., & Thyssen, C. (2020). Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.

Blumberg, E. & Sicking, A. (2020). Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht: Vorreiter Schweden!? In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), Mobile Medien im Schulkontext (Medienbildung und Gesellschaft, Bd. 41, S. 241–264). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden

Chi, M.T.H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist, 49 (4), 219 – 243.

Eickelmann, B. (2019). Lehrerfortbildung im Kontext der digitalen Transformation: Herausforderungen, Befunde und Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung des Bildungssystems. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde – Standardbildung und Lösungsansätze (S. 208–228). Klett Kallmeyer.

Euler, M. & Schüttler, T. (2020). Schülerlabore. In E. Kircher, R. Girwidz & H.E. Fischer (Hrsg.), Physikdidaktik: Methoden und Inhalte (S. 127–166). Springer Spektrum.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarb. und erw. Ausg). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.

Groot-Wilken, B.; Koerber, R. (Hg.) (2019). Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte. Bielefeld: wbv (wbv Publikation).

Großmann, N., Kaiser, L.-M., Salim, B., Ahmed, A.-K. & Wilde, M. (2021). Jahrgangsstufenspezifischer Vergleich der motivationalen Regulation im Biologieunterricht und des individuellen Interesses an biologischen Themen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. ZDB, 25, 134–153.

Huber, S.G., Günther, P.S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J.A. & Pruitt, J. (2020). COVID-19 – aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schulbarometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Waxmann.

Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, Methods, and Findings. International Journal of Science Education, 33 (1), 27–50.

Knispel, K. L. (2008). Qualitätsmanagement im Bildungswesen. Ansätze, Konzepte, Methoden für Anbieter von E-Learning- und Blended Learning-Qualifizierungen. Münster: Waxmann Verlag.

Landriscina, F. (2013). Simulation and Learning. A model-centered approach. Springer.

Lipowsky, F.; Rzejak, D. (2019). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? - Ein Update. In: Bernd Groot-Wilken und Rolf Koerber (Hg.): Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte. Bielefeld: wbv (wbv Publikation), S. 15–56.

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). Welche Art von Fortbildung wirkt? In B. Jungkamp & M. Pfafferott (Hrsg.), Was Lehrkräfte lernen müssen. (S. 19–38). Netzwerk Bildung.

Lipowsky, F.; Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Unter Mitarbeit von Bertelsmann Stiftung.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie.

Mishra, P. & Köhler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teachers' Knowledge. Teachers College Record, 108 (6), 1017–1054.

Rueß, J.; Wessels, I. (2020). Überzeugungen von Lehrerinnen- und Lehrerausbildenden. In: Colin Cramer, Johannes König, Martin Rothland und Sigrid Blömeke (Hg.): Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (utb Professionsforschung, 5473), S. 851–856.

Nickolaus, R., Steffensky, M. & Parchmann, I. (2018). Expertise zu Effekten zentraler außerschulischer MINT-Angebote. Nationales MINT Forum.

Scharfenberg, F.J., Möller, A., Kaufmann, K. & Bogner, F.X. (2019). Schülerlabore und Lehr-Lern-Labore. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis (S. 229–249). Springer Spektrum.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN, 25, 115–129.

Förderhinweis: Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wieder. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.

Mathea Brückner[1,2]
Anna Henne[1,2]
Johannes Huwer[1,2]
Barbara Pampel[1]
Lars-Jochen Thoms[1,2]
Sabrina Syskowski[1,2]
Manuel Krug[1,2]
Nikolai Maurer[1,2]
Daniel Braun[1,2]
Simon Martin[1]
Anja Beuter[1]
Lisa Heim[1]

[1]Universität Konstanz
[2]Pädagogische Hochschule Thurgau

DiKoLAN als Basis im Kompetenzzentrum MINT-ProNeD (Konstanz) Eine Vorstellung des Projekts MINT-ProNeD am Standort Konstanz

Über das Projekt

Das „Professionelle Netzwerk zur Förderung adaptiver, prozessbezogener digital-gestützter Innovationen in der MINT-Lehrpersonenbildung (MINT-ProNeD)“ ist ein länderübergreifendes Vorhaben, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt wird und zu den führenden Zentren für digitales und digital gestütztes Lehren in Schulen und Weiterbildungen zählt. Das Vorhaben basiert auf einem ganzheitlichen Konzept in Form von drei interdisziplinären und phasenübergreifenden Netzwerken (Fort- und Weiterbildung, Unterrichtsentwicklung und -beratung, Future Innovation Hub).

Ziel des Projekts

Im Fokus des Projekts steht die Fortbildung von Lehrkräften im Bereich des adaptiven und digitalen Unterrichts für MINT-Fächer mit dem Ziel prozessbezogene Kompetenzen bei Schüler*innen zu fördern. Die in den Fortbildungen thematisierten Inhalte sollen in einer Unterrichtsberatung mit den Lehrkräften zusammen in konkrete Lern- und Unterrichtsszenarien eingebettet werden. Unterstützt wird der Prozess durch das Future Innovation Hub, welches zukunftsweisende Technologien prüft und erprobt. Als Zielvariable der Professionalisierungsangebote werden somit hauptsächlich spezifische Bereiche aus DPACK und TPACK fokussiert (Huwer et al., 2019; Mishra & Koehler, 2006; Thyssen et al., 2023).

Lehrkräftebildung anhand des Kompetenzrahmen DiKoLAN

Das Projekt beinhaltet ein umfassendes Konzept zur Lehrkräftebildung, welches das Rahmenkompetenzmodell DiKoLAN als Leitfaden nutzt. DiKoLAN steht für Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (Finger et al., 2020; Thyssen et al., 2021).

Es wurde als Grundlage für die Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaften gewählt, da es konkret Kompetenzen von Lehrkräften aufführt, welche für die Konzeption von digital-gestütztem (adaptivem) Unterricht benötigt werden (Von Kotzebue et al., 2021). Dieser Orientierungsrahmen wird fortgehend überarbeitet bzw. durch weitere Leitfäden ergänzt und unter Einbezug von Zukunftstechnologien und Aspekten der Adaptivität erweitert.

Abb. 1: Kompetenzrahmen DiKoLAN, (https://dikolan.de/downloads. Letzter Zugriff 12.10.2023)

Adaptivität im MINT-Fachbereich

Adaptiver Unterricht (Corno, 2008) bezieht sich auf die Anpassung des Unterrichts an die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden. Adaptive Lernumgebungen sollen demnach das Potenzial bieten, Lernenden möglichst passgenaue Inhalte und Methoden bereitzustellen, sodass sie in ihrem Lernprozess unterstützt werden. Hierbei geht es nicht primär um individualisiertes Lernen, sondern darum, Stärken und Schwächen der Lernenden gezielt zu nutzen, sodass sie als gesamte Gruppe voneinander profitieren und auch selbst gezielt gefördert werden. Dabei sollen die Schüler*innen während des Lernens zwar gefordert, gleichzeitig jedoch weder unter- noch überfordert werden. Im Bezug zu einer steigenden Heterogenität unter Schüler*innen steht adaptiver Unterricht in enger Verknüpfung mit der formativen Diagnostik. Individuelle Lernvoraussetzungen können somit identifiziert und in der adaptiven Unterrichtsgestaltung berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise durch Self-Assessments oder durch Assessments durch die Lehrkraft passieren. Eine stetige Beobachtung der Voraussetzungen und somit auch eine kontinuierliche Anpassung der Einschätzung und Aufgabentypen durch Diagnosen ist dabei unabdingbar. Darauffolgende Adaptionen können schließlich sowohl auf Makroebene (z.B. Einteilung in niveaudifferenzierte Arbeitsgruppen) als auch auf Mikroebene (z.B. individuelles Feedback) stattfinden. Digitale Technologien können das Erstellen von adaptivem Unterricht und den Diagnoseprozess unterstützen, da diese vielfältige und individuelle Unterstützungsmöglichkeiten sowohl für Lehrkräfte als auch für Lernende bieten (Huwer, Banerji, & Thyssen, 2020).

Die drei Netzwerke

Grundlegend besteht das Basiskonzept des Projekts aus drei interdisziplinären Netzwerken: (1) Fortbildungen, (2) Unterrichtsentwicklung und -beratung, und (3) Future Innovation Hub.

Netzwerk 1: Fortbildungen Forschungsbasierte Fortbildungen für alle Fächer und Schularten werden (weiter-) entwickelt und durchgeführt. Als Grundlage für die Fortbildungen in den Naturwissenschaften dient das Rahmenkompetenzmodell DiKoLAN. Anschließend werden die konzipierten Fortbildungen an den jeweiligen Standorten spezifisch erprobt und umgesetzt.

Netzwerk 2: Unterrichtsentwicklung und -beratung Das Netzwerk 2 ist für die Unterrichtsentwicklung und -beratung zuständig, welche im Anschluss an die Fortbildungen angeboten werden. Dieses Angebot wird in Form einer systematischen Beratung von Schulen im Sinne einer partizipativen Unterrichtsentwicklung durch schulübergreifende Lerngemeinschaften umgesetzt. Ergänzend findet eine Evaluation der Gelingensbedingungen und Wirkungen des realisierten Beratungs- und Entwicklungskonzepts statt. Der gesamte Prozess soll in Form einer professionellen Lerngemeinschaft und unter Co-Design (Sibley, sub.) umgesetzt werden.

Netzwerk 3: Future Innovation Hub Das letzte Netzwerk adressiert zukunftsweisende Technologien für den MINT-Unterricht (z. B. KI, immersive Realitäten), die auf der Basis vorhandener Erfahrungen, Erkenntnisse und Tools gemeinsam mit Lehrpersonen auf einen potenziellen Einsatz im (zukünftigen) MINT-Unterricht hin erprobt werden.

MINT-ProNeD am Standort Konstanz

Die Universität Konstanz bildet in vielen Fächerkombinationen Studierende für das gymnasiale Lehramt aus, weshalb eine schwerpunktmäßige Fokussierung von Fortbildungen und Beratungen auf die Sekundarstufe 2 entschieden wurde. Als Fortbildungsstandort für ein Einzugsgebiet in Teilen des Schwarzwaldes und in der Bodenseeregion bietet sich die Universität Konstanz an, während ein Angebot für die Unterrichtsentwicklung und -beratung auch an den Schulen selbst stattfinden wird. Ebenso werden Fortbildungen über die ZSL-Regionalstellen angeboten, die auch über die Bodenseeregion hinauswirken. Fokussiert werden dabei die Fächer der Naturwissenschaften mit einem besonderen Schwerpunkt auf Chemie und Informatik. Im Bereich der Naturwissenschaften wird es drei Schwerpunkte geben: 1) Fortbildungen zu naturwissenschaftlich-informatischen Unterricht (GeNIUS) (Barkim et al., 2020; Braun & Huwer, 2022, Banerji et al., 2021), 2) „Basiskurs“ adaptiver Naturwissenschaftsunterricht mit „Basistechnologien“ und 3) „Aufbaukurs“ adaptiver Unterricht mit „Zukunftstechnologien“, wobei die Technologien „Künstliche Intelligenz“ und „Augmented Reality“ im Fokus stehen. (2) fokussiert bewährte Konzepte auch aus der Hochschuldidaktik, welche nun für Lehrkräftefortbildungen aufbereitet angeboten werden (Henne et al., 2023).

Der Aufbaukurs fokussiert fachdidaktische Erkenntnisse in der Gestaltung von Augmented Reality (Syskowski & Huwer, 2023; Czok et al, 2023, Krug et al., 2023, 2022, Tschiersch, et al., 2021) und ergänzt diese u.a. durch generative künstliche Intelligenz.

Literaturverzeichnis

Barkmin, M., Berger, N., Bröll, L., Huwer, J., Menne, A., & Seegerer, S. (2020). Informatik für alle?! - Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl, & F. Schacht (Eds.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (pp. 99-120). https://doi.org/https://doi.org/10.17185/duepublico/73330

Banerji, A., Thyssen, C., Pampel, B., & Huwer, J. (2021). Naturwissenschaftsunterricht und Informatik – bringt zusammen, was zusammen gehört?! *ChemKon*, *28*(6). https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202100008

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. v. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger--Koppelt, & C. Thyssen (Eds.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (pp. 14-43). Joachim-Herz-Stiftung.

Braun, D., & Huwer, J. (2022). Computational literacy in science education–A systematic review. *Frontiers in Edcuation*, *7:937048*. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.937048

Czok, V., Krug, M., Müller, S., Huwer, J., Kruse, S., Müller, W., & Weitzel, H. (2023). A Framework for Analysis and Development of Augmented Reality Applications in Science and Engineering Teaching. *education sciences*, *13*(9), 926. https://www.mdpi.com/2227-7102/13/9/926

Corno, L. (2008). On Teaching Adaptively. *Educational Psychologist, 43*, 161-173. doi:10.1080/00461520802178466

Henne, A., Möhrke, P., Huwer, J., & Thoms, L.-J. (2023). Learning Science at University in Times of COVID-19 Crises from the Perspective of Lectures - An Interview Study. *education sciences*, *13*(3), 319. https://www.mdpi.com/2227-7102/13/3/319

Huwer, J., Banerji, A., & Thyssen, C. (2020). Digitalisierung - Perspektiven für den Chemieunterricht. *Nachrichten aus der Chemie, 68*, 10-16. doi:10.1002/nadc.20204100187

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). From TPaCK to DPaCK–Digitalization in Education Requires more than Technical Knowledge In M. Shelly & A. Kiray (Eds.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2019* (pp. 298-309). IRES Publishing.

Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom - Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *education sciences*, *13*(10), 1016. https://doi.org/doi:10.3390/educsci13101016

Krug, M., Czok, V., Müller, S., Weitzel, H., Huwer, J., Kruse, S., & Müller, W. (2022). Ein Bewertungsraster für Augmented-Reality-Lehr-Lernszenarien im Unterricht. *ChemKon*, *29*(S1), 312-318. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202200016

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Sibley, L., Lachner, A., Plicht, C., Fabian, A., Backfisch, I., Scheiter, K. & Bohl, T. . (sub.). Adaptive teaching with technology: Blessing or curse? *Learning and Instruction*.

Syskowski, S., & Huwer, J. (2023). A Combination of Real-World Experiments and Augmented Reality When Learning about the States of Wax - An Eye-Tracking Study. *education sciences*, *13*(2), 177. https://doi.org/ https://doi.org/10.3390/educsci13020177

Thyssen, C., Pankow, A., Klaeger, K., & Chernyak, D. (2021). Kompetenzen und Nutzungsperspektiven von Lehrkräften zum Einsatz digitaler Medien zur Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In (pp. 112-135).

Thyssen, C., Huwer, J., Irion, T., & Schaal, S. (2023). From TPACK to DPACK: The Digitality-Related Pedagogical and Content Knowledge-Model in STEM-Education. *education sciences*, *13*(8), 769. https://www.mdpi.com/2227-7102/13/8/769

Tschiersch, A., Krug, M., Huwer, J., & Banerji, A. (2021). Augmented Reality in chemistry education – an overview. *ChemKon*, *28*(6), 241-244. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202100009

Von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., . . . Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences, 11*, 775. doi:10.3390/educsci11120775

Josef Riese[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Kasim Costan[3]
Rike Große Heilmann[1]
Christoph Kulgemeyer[3]
Thomas Schubatzky[4]
David Christoph Weiler[2]

[1]Universität Paderborn
[2]Universität Tübingen
[3]Universität Bremen
[4]Universität Innsbruck

Adaptive Fortbildungen zu digitalen Medien im Physikunterricht

Einleitung und theoretischer Rahmen

In den vergangenen Jahren haben digitale Medien zunehmend an Bedeutung im Fachunterricht gewonnen (vgl. Eickelmann et al., 2019). Speziell im Fach Physik bietet der Einsatz digitaler Medien ein großes Potenzial. Beispielsweise können nicht unmittelbar erfahrbare physikalische Größen und Vorgänge (z. B. in Stromkreisen) mittels Verfahren aus dem Bereich erweiterter oder virtueller Realität (AR / VR) visualisiert werden. Sensoren mobiler Endgeräte etwa können mit Hilfe von Apps wie Phyphox zur digitalen Messwerterfassung in Schülerversuchen genutzt werden, wo vorher nur Demonstrationsversuche möglich waren (als Überblick vgl. z. B. Hillmayr et al., 2020; Girwidz & Kohnle, 2021).

Unterrichtsqualität profitiert allerdings nicht per se davon, dass digitale Medien eingesetzt werden. Eine didaktisch zielführende Einbindung setzt sowohl kognitive als auch affektive und handlungsnahe Komponenten (vgl. Blömeke et al., 2015) digitalisierungsbezogener Kompetenzen bei Lehrkräften voraus, die im Rahmen der Lehrkräftebildung gefördert werden sollten. Zur Beschreibung der Struktur kognitiver digitalisierungsbezogener Kompetenzen bei Lehrkräften wird häufig das international etablierte TPACK-Modell (Koehler et al., 2013) herangezogen. Dabei werden die professionsspezifischen fachlichen (CK), fachdidaktischen (PCK) und pädagogischen (PK) Domänen um einen technologiebezogenen Bereich (TK) ergänzt. Dadurch können zusätzlich technologiebezogene fachliche (TCK), pädagogische (TPK) und fachdidaktische (TPCK, genannt TPACK) Kompetenzaspekte beschrieben werden. Konkrete davon ausgehende, fachspezifisch ausgeschärfte Kompetenzerwartungen für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik werden für den deutschsprachigen Raum auch im Orientierungsrahmen DiKoLAN (*Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften*, vgl. Becker, Meßinger-Koppelt & Thyssen, 2020) beschrieben.

Im Hinblick auf affektive Komponenten digitalisierungsbezogener Kompetenzen ist insbesondere die Motivation, digitale Medien im eigenen Unterricht einzusetzen, zu nennen. Diese ist bei Lehrkräften im Mittel durchaus hoch ausgeprägt – vorausgesetzt, die digitalen Medien werden als nützlich und benutzungsfreundlich empfunden (Granic & Marangunic, 2019; Scherer & Teo, 2019). Nützlichkeits- und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bestimmen darüber hinaus auch die Qualität von Unterrichtsplanungen (Backfisch et al., 2020). Insgesamt wird die eigene digitalisierungsbezogene Kompetenz jedoch eher als mittelmäßig eingeschätzt (Drossel & Eickelmann, 2018), so dass der Bedarf von digitalisierungsbezogenen Fortbildungsformaten auch aus der Sicht von Lehrkräften besteht.

Ziele des vorgestellten Projekts

Das vorgestellte Projekt ist Teil des Verbundprojekts ComeMINT-Netzwerk (vgl. auch Beiträge von Ponath et al. und Tenberge et al. in diesem Band). Der Verbund hat insgesamt das Ziel, forschungsbasiert digitalisierungsbezogene Fortbildungskonzepte zur Professionalisierung (angehender) MINT-Lehrkräfte und Multiplikator:innen zu entwickeln und dabei evidenzgestützte Kriterien lernwirksamer Fortbildungen zu berücksichtigen. Speziell im Fach Physik soll ein adaptives Förder- und Fortbildungskonzept bzgl. des fachdidaktisch begründeten Einsatzes digitaler Medien im Physikunterricht erstellt und evaluiert werden. Im Einzelnen werden die folgenden Ziele im skizzierten Projekt verfolgt:

- Bedarfsermittlung aus der Sicht der Schulpraxis
- Ausgestaltung und Angebot von Fortbildungsmodulen
  - *a) Online-Assessment und adaptive Zuordnung von Selbstlernmodulen*
  - *b) Fortbildungen mit Präsenzelementen und Eingangsdiagnose*
- Evaluation des Förder- und Fortbildungskonzepts

Bedürfnisanalyse und erste Ergebnisse

Zur bedarfsgerechten Gestaltung des Fortbildungskonzepts erfolgte eine Erhebung bei 159 praktizierenden Lehrkräften und Fachleitungen aus Deutschland und Österreich u.a. im Hinblick auf Vorerfahrungen mit und Interesse an digitalen Medien sowie empfundenen Fortbildungsbedarfen. Ausgewählte (vorläufigen) Ergebnisse der Bedürfniserhebung sind nachfolgend in Abb. 1 dargestellt:

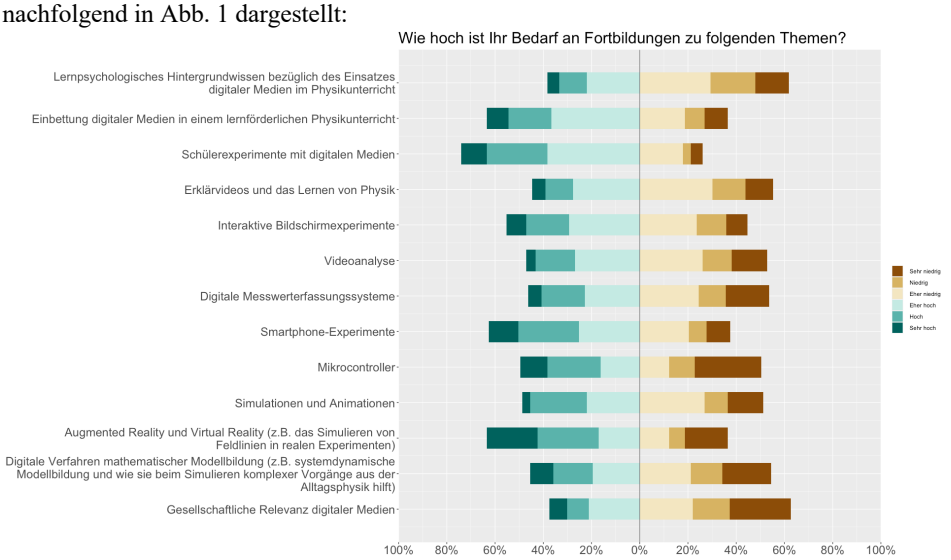


Abb. 1: Erste Ergebnisse der Bedarfsanalyse

Gestaltung der Fortbildungsmodule

Studienergebnisse zeigen, dass ein- oder halbtägige Fortbildungsformate für eine nachhaltige Veränderung im Unterrichtsgeschehen nur bedingt geeignet sind (vgl. Rzejak & Lipowsky 2018; Gräsel et al., 2006). Als günstig haben sich modular aufgebaute Lehrkräftefortbildungen erwiesen, in denen Selbstlernphasen sowie Phasen der gemeinsamen Erarbeitung und Reflexion vorgesehen werden. Ferner sollten sich Lehrkräftefortbildungen über mehrere Monate erstrecken und kurze Erprobungen in der eigenen schulischen Praxis enthalten, die in

der Fortbildungsgruppe reflektiert werden (Lipowsky & Rzejak, 2020). Über alle Phasen hinweg sollte dabei der kollegiale Austausch im Vordergrund stehen, der sich bereits in vorausgegangenen Studien als Prädiktor für die Integration digitaler Medien im Praxisgeschehen erwiesen hat (vgl. Drossel & Eickelmann, 2018). Vor diesem Hintergrund umfassen das in diesem Projekt geplante Fortbildungskonzept sowohl Selbstlernmodule als auch Präsenzanteile, die unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien konzipiert werden: a) Verknüpfung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen, b) Thematisierung von Kernpraktiken von Lehrkräften, c) Unterrichtsbezogene Kooperation, d) Inhaltliche und fachliche Fokussierung, e) Einbringen von Feedback, f) Sichtbarmachen von Relevanz.

Auf inhaltlicher Ebene werden die folgenden Themen in den geplanten Modulen adressiert:
- Einführung und Grundlagen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht
- Erklärvideos und deren Erstellung
- Simulationen
- Interaktive Bildschirmelemente
- Augmented Reality
- Mathematische Modellbildung
- Digitale Messwerterfassung mit Lehrmittelsystemen, Smartphones und Mikrocontrollern
- Videoanalyse

Angesichts der erwarteten Heterogenität bzgl. Digitaler Kompetenzen von Lehrkräften wird ein adaptiver Ansatz für das zu entwickelnde Förder- und Fortbildungskonzept gewählt: Vor der Nutzung eines Selbstlernmoduls sowie in Vorbereitung auf ein Präsenzmodul werden Vorerfahrungen und Eingangskompetenzen diagnostiziert und darauf aufbauend passgenaue Module des Förderkonzepts vorgeschlagen. Je nach gewünschtem Fortbildungselement bezieht sich das Self-Assessment dabei auf zentrale Aspekte professioneller Kompetenz: Disposition (insb. Fachdid. Wissen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht), Performanz (insb. Erklärfähigkeit) und Nutzertypen digitaler Medien. Dazu werden bereits vorliegende Testverfahren (z.B. Große-Heilmann et al., 2022; Bartels & Kulgemeyer, 2018; Vogelsang et al., 2019) und Materialien zu verschiedenen Aspekten Digitaler Kompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften iterativ weiterentwickelt. Die Implementation des Förderkonzepts erfolgt in unterschiedlichen Lernsettings in der Aus- und Fortbildung, wobei die Lernwirksamkeit, Praktikabilität und Akzeptanz des Förderkonzepts in der Zielgruppe sowie auf der Ebene von Multiplikator:innen beforscht werden.

Das Angebot erster Fortbildungen ist Anfang 2024 geplant. Parallel wird am Online-Portal (Self-Assessment mit adaptiver Zuweisung digitaler Lernmodule) gearbeitet.

Förderhinweis
Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der FKZ 01JA23M06(A-O). Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die der Autor:innen und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wider. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.

Literatur

Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F. & Scheiter, K. (2020). Professional Knowledge or Motivation? Investigating the Role of Teachers' Expertise on the Quality of Technology-Enhanced Lesson Plans. Learning and Instruction, 66, Artikel 101300. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300

Bartels, H., & Kulgemeyer, C. (2018). Explaining physics: An online test for self-assessment and instructor training. European Journal of Physics, 1–6. https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaeb5e

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.) (2020). Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Blömeke, S., Gustafsson, J. & Shavelson, R. (2015). Beyond Dichotomies. Zeitschrift für Psychologie, 223 (1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Drossel, K. & Eickelmann, B. (2018). Die Rolle der Lehrerprofessionalisierung für die Implementierung neuer Technologien in den Unterricht – Eine Latent-Class-Analyse zur Identifikation von Lehrertypen. MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, (31), 166–191. https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.06.04.X

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking. Waxmann.

Girwidz, R.; Kohnle, A. Multimedia and Digital Media in Physics Instruction. In Physics Education; Fischer, H.E., Ed.; Springer International Publishing AG: Cham, Switzerland, 2021; pp. 297–336.

Granic, A. & Marangunic, N. (2019). Technology Acceptance Model in Educational Context: A Systematic Literature Review. British Journal of Educational Technology, 50 (5), 2572–2593. https://doi.org/10.1111/bjet.12864

Gräsel, C., Fussangel, K. & Parchmann, I. (2006). Lerngemeinschaften in der Lehrerfortbildung. Kooperationserfahrungen und -überzeugungen von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 545–561. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0167-0

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T [Thomas] & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. Education Sciences, 12(7), 440. https://doi.org/10.3390/educsci12070440

Hillmayr, D.; Ziernwald, L.; Reinhold, F.; Hofer, S.I.; Reiss, K.M. The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. Comput. Educ. 2020, 153, 103897.

Koehler, M.J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? Journal of Education, 193 (3), 13–19. https://doi.org/10.1177/002205741319300303

Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2020). Welche Art von Fortbildung wirkt?. Was Lehrkräfte lernen müssen. Bedarfe der Lehrkräftefortbildung in Deutschland. Berlin: Friedrich Ebert Stiftung, 19-38.

Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2019). Forschungsüberblick zu Merkmalen wirksamer Lehrerfortbildungen. In I. Grothus (Hrsg.), Lehrkräftefortbildung in Deutschland. Recherchen für eine Bestandsaufnahme (S. 131–141). Deutscher Verein für Lehrerfortbildung.

Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking Teachers' Intentions to Integrate Technology: A Meta-Analysis. Educational Research Review, 27, 90–109. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Dominik Diermann[1]
Constantin Egerer[2]
Carolin Flerlage[3]
Stefanie Herzog[3]
Stefanie Lenzer[3]
Amitabh Banerji[2]
Sascha Bernholt[3]
Ilka Parchmann[3]
Jenna Koenen[1]

[1]Technische Universität München
[2] Universität Potsdam
[3]IPN Kiel

DigiProMIN: Lehrkräftefortbildungen für digitalen Chemieunterricht Kohärente Unterrichtsplanung zu digital gestütztem forschend-entdeckendem Lernen

Im Rahmen des Postersymposiums „Lehrkräfteprofessionalisierung in den MINT-Kompetenzzentren“ stellt dieser Beitrag die aktuellen Planungen zur Konzeption von Lehrkräftefortbildungen im Fachbereich Chemie des Projektverbundes *DigiProMIN* vor.

Theoretischer Hintergrund

Die Gesellschaft erlebte und erlebt eine zunehmende Digitalisierung, die auch vor dem Schullalltag und dem MINT-Unterricht keinen Halt macht. Durch sich neu eröffnende technische Möglichkeiten ergeben sich eine Vielzahl von potenziell optimierten Lern- und Bildungsprozessen (Huwer et al., 2019) mit digitalen Medien – auch und speziell im MINT-Bereich. Daher müssen Lehrkräfte darin unterstützt werden, digitale Tools zu entwickeln und diese in innovativem Unterricht lernförderlich einzusetzen. Solche und weitere Kompetenzen sind beispielsweise im Europäischen Rahmen für digitale Kompetenzen von Lehrenden (DigCompEdu) festgehalten (Caena & Redecker, 2019). Sie sind allerdings aktuell nicht bei allen Lehrkräften ausreichend ausgeprägt (Eickelmann, Bos & Labusch, 2019), weshalb sich ein Bedarf an zusätzlichen Fortbildungsmaßnahmen ergibt.
Wie im SAMR-Modell (Puentedura, 2006) stufenweise aufgelistet, können digitale Medien eine Vielzahl an Möglichkeiten und Potentiale für eine Ergänzung bis zur Neudefinition von diversen Lehr-Lern-Prozessen bieten. Speziell das Fach Chemie bietet mit seinen typischen Denk- und Arbeitsweisen verschiedene fachspezifische Anknüpfungspunkte für das Lehren und Lernen mit digitalen Medien. So wie die digitale Entwicklung (z. B. durch KI) stets voranschreitet, gilt es auch für Lehrkräfte ihr Wissen und ihre Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien für den Chemieunterricht stets weiterzuentwickeln.
Die Forschung offenbart insgesamt sehr positive Wirkungen von Fortbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte bezüglich der Leistung der Lernenden (d = .54 - .66; Timperley et al., 2007; Yoon et al., 2007; Hattie et al., 2009), weshalb es ein Anliegen der Fachdidaktik sein muss, Lehrkräfte nicht nur in der universitären Ausbildung, sondern auch in der unterrichtlichen Praxis zu unterstützen und auf Empirie basierte, aktuelle theoretische Erkenntnisse in Lehrkräftefortbildungen zu vermitteln.

Projektbeschreibung und Ziele

Der Cluster Chemie im Projektverbund *DigiProMIN* besteht aus der Technischen Universität München, dem IPN Kiel und der Universität Potsdam und verfolgt aus den dargestellten

Gründen das Ziel Lehrkräftefortbildungen zum Thema „Potentiale digitaler Medien für erfolgreichen und zeitgemäßen Chemieunterricht“ zu entwickeln, durchzuführen und zu evaluieren. Der inhaltliche Fokus liegt dabei auf einer transferfähigen Vermittlung von Kompetenzen zur Vernetzung digitaler Medien mit den Besonderheiten der Chemie und ihrer Methoden. Hierzu werden Ansätze eines lernförderlichen und innovativen Chemieunterrichts in den Mittelpunkt gerückt und mit verschiedenen Fokussetzungen betrachtet, u.a. in den Bereichen Kontextualisierung, Vernetzung von submikroskopischer und phänomenologischer Ebene, digital gestütztem Experimentieren oder Diagnostizieren. Damit einher gehen die Auswahl und intensive Erprobung digitaler Tools und Werkzeuge sowie deren unterrichtliche Einbettung. Die Fortbildungen werden auf Basis theoretischer Grundlagen entwickelt, durchgeführt und empirisch gestützt evaluiert.

Fortbildungskonzeption, beispielhafte Inhalte und Ergebnisse

Der Posterbeitrag behandelt das übergeordnete Konzept und die derzeitige Struktur der geplanten Lehrkräftefortbildungen, die an empirisch bestätigten Leitlinien orientiert sind (Lipowsky, 2014; Timperley, 2007) und zentrale Bestandteile des Chemieunterrichts thematisieren. Die *DigiProMIN*-Chemielehrkräftefortbildungen sind eingeteilt in ein übergeordnetes Basismodul zu Beginn und darauf aufbauende Vertiefungsmodule, die nach individuellen Bedürfnissen gewählt werden können. Die Abbildung 1 verdeutlicht den aktuellen Aufbau grafisch.

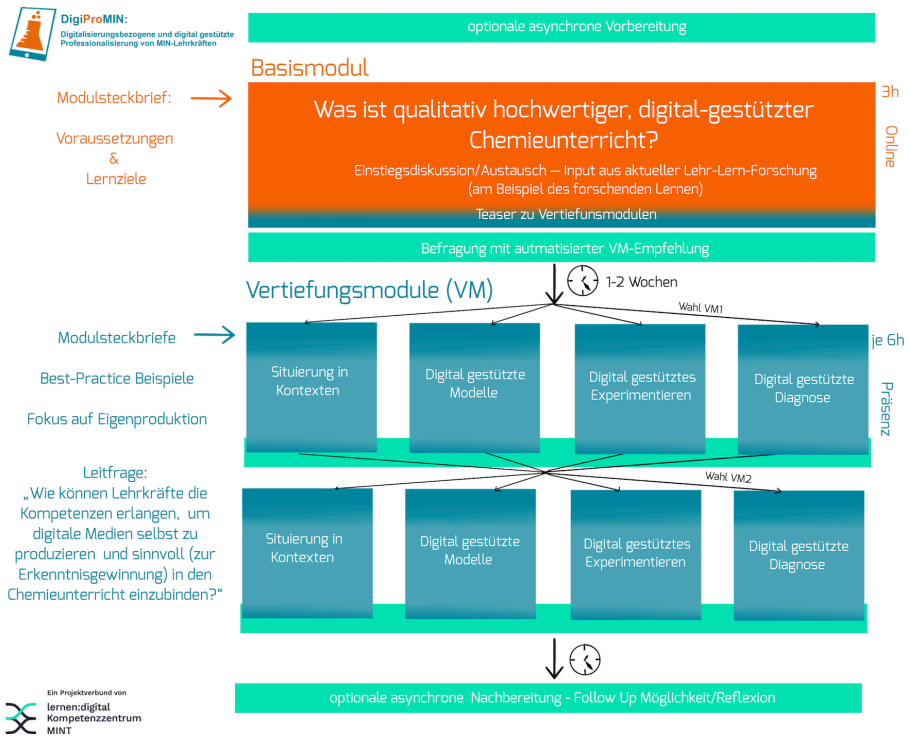


Abb. 1: Aktuelles Fortbildungskonzept des Chemie-Clusters im DigiProMIN Projekt (Stand Oktober 2023).

Die Entwicklung der Gesamtfortbildung sowie der einzelnen Module orientieren sich an den Fragen: „Wie können Lehrkräfte nachhaltig Kompetenzen und transferfähiges Wissen erlernen, um einerseits digitale Medien (zum Erkenntnisgewinn) im Chemieunterricht einzusetzen und andererseits auch digital-gestützte Lernbausteine selbst zu entwickeln? Wo bieten diese einen besonderen Mehrwert?“ Das dreistündige Basismodul soll online stattfinden und die übergeordnete Frage „Was ist qualitativ hochwertiger, digital gestützter Chemieunterricht?“ sowie Qualitätskriterien für derartigen Unterricht aus Perspektive der aktuellen chemiedidaktischen Forschung und Medienpädagogik behandeln. Bereits hier soll auf Interaktivität und auf den Austausch zwischen den teilnehmenden Lehrkräften gesetzt werden (Emden & Baur, 2017). Dieser Partizipationsgedanke wird in den Vertiefungsmodulen weitergetragen, die anhand konkreter, unterrichtsrelevanter Materialien (Daus et al., 2004) und spezifischer digitaler Tools (Sieve, 2017) auf eine hohe Eigeninitiative und aktives Lernen (Emden & Baur, 2017) der Lehrkräfte setzen. Darüber hinaus setzen die vier ca. sechsstündigen Vertiefungsmodule in Präsenz jeweils andere fachdidaktische Schwerpunkte:

- Situierung in Kontexten: Wie können relevante und motivierende Kontexte digital gestützt für den Chemieunterricht aufgearbeitet werden?
- Digital gestützte Modelle: Wie können chemische Modelle durch digitale Medien (z.B. Animationen) besser dargestellt und auf den Ebenen des Johnstone-Dreiecks verknüpft werden?
- Digital gestütztes Experimentieren: Wie kann der Experimentierprozess durch digitale Medien gewinnbringend unterstützt werden?
- Digital gestützte Diagnose: Wie können individuelle digital gestützte Lernverläufe im Chemieunterricht gelingen?

Lehrkräfte wählen die für sie passendsten zwei Vertiefungsmodule aus. Hierzu wird eine kriteriengeleitete Selbsteinschätzung in Form eines beratenden online-Tools am Ende des Basismoduls eingesetzt, auf deren Grundlage Empfehlungen generiert werden können.

Diskussion und Ausblick

Aktuell werden die konkreten Inhalte und abschließende Fragen zur Organisation der Fortbildungen und deren Module final diskutiert und konkret festgelegt. Alle bisherigen Überlegungen orientieren sich an empirischen Erkenntnissen und haben zum Ziel, die chemiespezifischen Arbeitsweisen und Herausforderungen im Chemieunterricht gezielt mit dem Mehrwert digitaler Medien und Tools zu unterstützen. Beim gewählten Format wurden zudem verschiedene bundeslandabhängige Gegebenheiten berücksichtigt und mit den angenommenen Bedarfen und Rahmenbedingungen von Lehrkräften abgewogen. Weitere Möglichkeiten bzw. Angebote, die die Fortbildungen gewinnbringend ergänzen könnten, wären niederschwellige, kurze Inputphasen zu einzelnen Fortbildungsinhalten oder Medien. Im Sinne des Design-based Research Ansatzes (z. B. Reinmann, 2017) und als Reflexions- und Diskussionsmöglichkeit für die Lehrkräfte untereinander (Lipowsky, 2014) könnten freiwillige Follow-Up Treffen angeboten werden. Zudem sollen asynchronen Vor- und Nachbereitungsangebote sowie Materialien bereitgestellt werden. Bis zum Frühjahr 2024 sollen die Fortbildungen inhaltlich fertiggestellt und dann in einem iterativen Prozess empirisch evaluiert und ggf. adaptiert werden. Hierzu wird u.a. in einem weiteren *DigiProMIN* Teilverbund ein am DiKoLAN-Kompetenzrahmen (Becker et al., 2020) orientiertes Evaluationsinstrument entwickelt. Rund um den Jahreswechsel zwischen 2024 und 2025 werden die optimierten Fortbildungsmodule mit summativer Evaluation durchgeführt. Perspektivisch sollen die Fortbildungen über die jeweiligen Landesinstitute verstetigt werden.

Literatur

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen - Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung: Hamburg.

Caena, F., & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). *European Journal of Education,* 54, 356–369.

Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *CHEMKON*, 11(2), 79–85. https://doi.org/10.1002/ckon.200410007

Eickelmann, B., Bos, W. & Labusch, A. (2019). Die Studie ICILS 2018 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. (S. 7–32). Münster: Waxmann.

Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *ZfDN,* 23, 1–19 DOI 10.1007/s40573-016-0052-1

Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement.* London: Routledge. 10.4324/9780203887332.

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). From TPaCK to DPaCK – Digitalization in Education Requires more than Technical Knowledge. In M. Shelly & A. Kiray (Hrsg.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology* (pp. 298–309), IRES Publishing: Des Moines, IA, USA.

Lipowsky, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 511–541). Münster: Waxmann.

Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education [Blog post]. http://hippasus.com/resources/tte/.

Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Forschung – Basis für soziale Innovationen. Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis* (S. 49-61). Bielefeld: Bertelsmann.

Sieve, B.F. (2017). Implementation digitaler Medien – Bedürfnisse von Lehrkräften erfassen. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 249–263). Joachim Herz Stiftung Verlag: Hamburg.

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). Teacher professional learning and development. Best evidence synthesis iteration (BES). Wellington: Ministry of Education.

Yoon, K.-S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B. & Shapley, K. L. (2007). Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement. *Issues & Answers Report* (33), 1–62.

Andreas Anzengruber[1]
Timo Fleischer[1]
Jörg Zumbach[1]

[1]Paris-Lodron-Universität Salzburg

Effekte von Prompting beim Augmented Learning im Sachunterricht der Primarstufe

Theoretischer Hintergrund

Augmented Reality wird als die Erweiterung der Realität mit virtuellen Elementen definiert. Es zeichnet sich durch den dreidimensionalen Bezug virtueller und realer Objekte in einer realen Umgebung aus, aber auch durch die Interaktion mit diesen in Echtzeit (Azuma et al., 2001). Die reale Welt um sich herum wird weiterhin wahrgenommen, jedoch kommt es zu einer Überlagerung mit virtuellen Objekten aus der virtuellen Realität (Zobel et al., 2018). Der Einsatz von Augmented Reality im Unterricht kann sich positiv auf die Motivation, die Wissensvermittlung und die Lernleistung auswirken (Buchner, 2017; Moser et al., 2017). Donally (2018) begründet dies damit, dass moderne Technologien Teil der Lebenswelt der Lernenden sind und so ein Lebensweltbezug hergestellt wird. Es können hingegen auch negative Effekte beobachtet werden. So konnte beim Lernen mit Augmented Reality eine kognitive Überbelastung von Lernenden nachgewiesen werden (Buchner, 2017). Erklären lässt sich dies durch die *Cognitive Load Theory* nach Sweller und Chandler (1991) die die Architektur des Arbeitsgedächtnisses und die damit verbundene begrenzte Verarbeitungskapazität von Informationen beschreibt (Sweller, 1994). Diese Auslastung des Arbeitsgedächtnisses ist für einen wirksamen Einsatz computergestützten Lernumgebungen im Unterricht ausschlaggebend, da sie maßgeblich durch die Gestaltung des Materials beeinflusst wird (*extrinsische kognitive Belastung*; Klepsch et al., 2017; Nerdel, 2017).

In Bezug auf Motivation zeigen Studien, dass Wahlmöglichkeiten in computergestützten Lernumgebungen das Autonomieempfinden und die intrinsische Motivation steigern. Können die Schülerinnen und Schüler ihren Lernprozess in Online-Lernumgebungen selbst steuern und regulieren, wird das Bedürfnis nach Autonomie – und damit verbunden die Motivation – gefördert (Luo et al., 2021; Schneider et al., 2018).

Zur Unterstützung von Lernenden in digitalen Lernumgebungen kommen vermehrt Ansätze des Scaffoldings zum Einsatz. *Scaffolding* bindet die Schülerinnen und Schüler aktiv in den Lernprozess ein, wobei es sich um einen interaktiven Prozess zwischen Lehrpersonen und Lernenden handelt. Lernende sollen durch „*Lerngerüste*“ neue Fähigkeiten erlernen (Herold-Blasius, 2021). Als computergestütztes Hilfsmittel beim Scaffolding sind *Prompts* weit verbreitet. Dabei handelt es sich um Satzanfänge oder Fragen, welche in Simulationen, Datenanalysen oder Tools eingebettet sind. Diese leiten die Schülerinnen und Schüler an, indem sie spezifische Fragen zum Prozess stellen oder konkrete Handlungsmuster vorschlagen (Reiser & Tabak, 2014). Sie werden beim (1) *personenbasierten* und (2) *computerbasierten* Scaffolding eingesetzt und können schriftlich oder mündlich dargeboten werden. Ziel ist, dass die kognitive, metakognitive und motivationale Aktivität beim Lernen gefördert wird. Lernende, welche ein bestimmtes Wissen oder eine bestimmte Fähigkeit situativ nicht abrufen können, sollen durch den Einsatz von *kognitiven*, *metakognitiven* oder *motivationalen Prompts* dazu angeregt werden, dieses Wissen und die Fähigkeiten abzurufen und im gegebenen Kontext

anzuwenden. Diese können auch *adaptiv* – zum Beispiel angepasst an die Ausgangsmotivation der Lernenden – gestaltet sein (Bannert, 2009; Herold-Blasius, 2021; Wirth, 2009).

Das EdTechALL-Projekt

In Kooperation dreier Bildungseinrichtungen (FH-, PH- und Universität Salzburg) wird eine analoge Bodenlandkarte des Bundeslandes Salzburg (16m^2) durch *Augmented Reality* und weitere digitale Elemente erweitert, um das Thema „*Milch und Milchwirtschaft*“ im Sachunterricht der Primarstufe interaktiv zu thematisieren (Abb. 1).

Abb. 1 App-Design

Die entwickelte Lernumgebung ist in vier Module gegliedert, die jeweils an einem Tag in der Schule erarbeitet werden. Jedes Modul ist einem anderen Themenbereich aus „Milch und Milchwirtschaft“ gewidmet.

Modul eins dient zum Kennenlernen der Lernumgebung und beschäftigt sich zudem mit der Geografie des Bundeslandes Salzburg.

Modul zwei thematisiert die Milchwirtschaft genauer und es werden die typischen Unterschiede (Erwerbstätigkeit, Größe, …) zwischen einem großen Bauernhof im Flachland und einem kleinen Bauernhof im Gebirge untersucht. Ebenso werden die unterschiedlichen milchgebenden Tiere, welche in Österreich auf Bauernhöfen gehalten werden, genauer vorgestellt (Abb. 2).

Abb. 2 Screenshot der Lernapp: Milchgebende Tiere

Modul drei vermittelt den Schülerinnen und Schülern die Abläufe in einer Molkerei und die Verarbeitungsschritte der (Roh-)Milch (Abb. 3).

Abb. 3 Screenshot der Lernapp: Molkerei-Tour

Modul vier greift die Thematik „Milch und Nachhaltigkeit“ auf und ist in zwei Lernspiele unterteilt. Dieses Modul wird hier genauer vorgestellt, da dessen Inhalt Teil des zukünftigen Forschungsvorhabens ist. Ziel ist, einen bewussten und nachhaltigen Umgang mit Nahrungsmitteln und die korrekte Mülltrennung – auch im Alltag der Lernenden – zu fördern. Durch das erste Lernspiel wird den Schülerinnen und Schülern der bewusste Umgang mit Lebensmitteln verdeutlicht, da sie hier verschiedene Lebensmittel mit den Sinnen „Sehen“, „Riechen“ und „Schmecken“ virtuell testen, um die Genießbarkeit der (Milch-)Produkte zu prüfen. Ebenso beschäftigen sich die Lernenden mit der adäquaten Lagerung (Kühlschrank, Lagerraum) verschiedenster Lebensmittel. Verdorbene Produkte müssen im Müll entsorgt werden (Abb. 4). Das zweite Lernspiel knüpft hier an und beschäftigt sich mit der korrekten Trennung von (Verpackungs-)Müll. Zunächst lernen die Schülerinnen und Schüler die unterschiedlichen Mülltonnen und deren Inhalt kennen. Im nächsten Schritt trennen die Lernenden die Verpackungen der im ersten Lernspiel aussortierten Lebensmittel eigenständig.

Abb. 4 Screenshot der Lernapp: Untersuchung der Lebensmittel

Ausblick

Der Einsatz von motivationalen Prompts, vor allem in der Primarstufe, ist wenig erforscht und soll in weiterer Forschung untersucht werden. Daher soll in Folge untersucht werden, ob der Einsatz von *adaptiven motivationalen Prompts*, welche an die individuelle Ausgangsmotivation der Schülerinnen und Schüler angepasst sind, zu einer *Steigerung der Motivation* führen und ob dies auch zu einer *Verbesserung der Lernergebnisse* führen kann.

Literatur

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6)*,* 34-47. DOI: 10.1109/38.963459

Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23*(2), 139-145. https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.139

Buchner, J. (2017). Offener Unterricht mit Augmented Reality. *Erziehung und Unterricht, 7-8,* 1-6.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction, 8*, 293-332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

Donally, J. (2018). Learning Transported: Augmented, Virtual and Mixed Reality for All Classrooms. *International Society for Technology in Education*.

Herold-Blasius, R. (2021). *Problemlösen mit Strategieschlüsseln. Eine explorative Studie zur Unterstützung von Problembearbeitungsprozessen bei Dritt- und Viertklässlern*. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32292-2

Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology, 8*, 1-18. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01997

Luo, Y., Lin, J., & Yang, Y. (2021). Students' motivation and continued intention with online self-regulated learning: A self-determination theory perspective. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 24*, 1379-1399. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01042-3

Moser, S., Zumbach. J. & Deibl, I. (2017). The effect of metacognitive training and prompting on learning success in simulation-based physics learning. *Science Education*, *101*, 944-967. https://doi.org/10.1002/sce.21295

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7

Reiser, B. J. & Tabak, I. (2014). Scaffolding. In R. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 44-62). Cambridge University Press. DOI: 10.12691/education-8-11-4

Schneider, S., Nebel, S., Beege, M. & Rey G. D. (2018). The autonomy-enhancing effects of choice on cognitive load, motivation and learning with digital media. *Learning and Instruction, 58*, 161-172. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.06.006

Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. *Learning and Instruction, 4,* 295-312. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5

Wirth, J. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*(2), 91-94. DOI 10.1024/1010-0652.23.2.91.

Zobel, B., Werning, S., Metzger, D. & Thomas, O. (2018): Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzenpotenziale und Einsatzgebiete. In de Witt, C. & Gloerfeld, Ch. (Hrsg), *Handbuch Mobile Learning*, (S. 123-141). Springer VS. DOI:10.1007/978-3-658-19123-8_7

Laura Haarhus[1]
Marisa Alena Holzapfel[1]
Maja Brückmann[1]

[1]Universität Oldenburg

AR-Dinosaurier-Modelle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Ausgangslage und theoretischer Rahmen

Der Einsatz von Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) in der Schule ist keine Zukunftsmusik mehr, sondern hat durch unterschiedliche Angebote wie CoSpacesEdu (AR) oder den Mergecube (AR und VR) einen Weg in die Praxis gefunden. Bereits für die Grundschule, gerade den Sachunterricht, bietet sich der Umgang AR und VR an (Chen, 2020; Wu et al., 2018).

Im Vergleich zu VR wird bei AR nicht in „virtuellen Lebenswelten" (Bakenhus et al., 2022) gehandelt, sondern es werden einzelne Objekte fokussiert, die in die reale Lebenswelt der Kinder eingebettet werden, „sodass virtuelle Inhalte anschaulich vermittelt werden können" (Teichrew & Erb, 2020). Verschiedene Studien haben bereits gezeigt, dass der Cognitive Load auch jüngerer Schüler*innen beim Lernen mit AR nicht signifikant höher ist als bei der Verwendung von analogem Lernmaterial (z.B. Chen et al., 2022; Wu et al., 2018). Der Einsatz von AR bietet sich an, da Schüler*innen sich mit nicht oder schwer zugänglichen Inhalten, wie beispielsweise ausgestorbenen Tieren wie Dinosauriern, in einer interaktiven Form auseinandersetzen können, die anders nicht möglich wäre (Thomas et al., 2019).

Dass AR die Lernergebnisse und die Motivation älterer Lernender positiv beeinflussen kann, ist bereits gut belegt (z.B. Salmi et al., 2017; Sommerauer & Müller, 2014). Allerdings ist die Datenlage zum Einfluss von AR auf das Lernen von Grundschüler*innen noch relativ überschaubar und bedarf weiterer Untersuchungen. Da die Kinder in jedem Fall durch AR mit interaktiven Modellen in Kontakt kommen, sollte besonders das Modellverständnis, das angesprochen wird, in den Blick genommen werden.

Die Arbeit mit Modellen und die damit verbundene Entwicklung eines Modellverständnisses wird für den Sachunterricht der Grundschule angestrebt. Dort soll eine Vorbereitung auf die Auseinandersetzung mit den Inhalten der naturwissenschaftlichen Fächer, in denen dem Modellverständnis eine zentrale Bedeutung zukommt (Böschl et al., 2018), angelegt werden.

Es lässt sich ein positiver Einfluss auf das Modellverständnis der Grundschüler*innen vermuten, da durch AR die Kommunikation zwischen den Lernenden über AR-Modelle ausgeprägter und die Interaktion mit dem AR-Modell intensiver ist, als wenn mit analogem Material gearbeitet wird (Kamarainen et al., 2013; Salmi et al., 2017). Weiterhin wird, Akçayır & Akçayır (2017) folgend, das kritische und konkrete Denken gefördert, was bei der Verwendung von Modellen eine wichtige Kompetenz bildet (Böschl et al., 2022).

Untersuchungen zu AR zeigen, dass gerade Themen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich besonders geeignet sind, um mithilfe von AR von Schüler*innen erforscht zu werden (Chen et al., 2022). Speziell zu dem Thema Dinosaurier lässt sich vermuten, dass es sich aufgrund der zuvor genannten Ergebnisse eignet, mithilfe von AR-Modellen erarbeitet zu werden. Auch Alexander et al. (2008) unterstützen diese Vermutung, indem sie argumentieren, dass Dinosaurier aufgrund unterschiedlicher Merkmale des Themas für Kinder interessant sind.

Ziel des Forschungsvorhabens und Fragestellung

Das Forschungsdesiderat ergibt sich aus dem Einsatz von AR-Modellen in der Grundschule, deren Auswirkungen auf die Schüler*innen, besonders in Bezug auf das Modellverständnis, noch nicht hinlänglich geklärt wurde. Um auf einen möglichen Zusammenhang zwischen AR und dem Modellverständnis genauer einzugehen, wird in dieser Studie auf die Ausbildung des Modellverständnisses von Grundschüler*innen durch die Verwendung von AR-Modellen im Sachunterricht fokussiert. Zu diesem Zweck soll eine Unterrichtssequenz zum Thema Dinosaurier entwickelt und erprobt werden, bei der Schüler*innen mit der Unterstützung von AR-Modellen (Experimentalgruppe) oder mit analogen Modellen (Kontrollgruppe) lernen.
Ziel des Projektes ist die Erhebung des Fachwissens zu Dinosauriern in Verbindung mit der Erhebung des Modellverständnisses. Dieses Vorhaben wird im Promotionsprojekt Dino^{S}A^{U}Rier unter der folgenden Forschungsfrage verfolgt:

1. Inwiefern beeinflusst der Einsatz von AR-Karten im Sachunterricht das Modellverständnis von Schüler*innen der 3. und 4. Klasse?

Methodischer Rahmen – Interventionsstudie

Das Promotionsprojekt Dino^{S}A^{U}Rier wurde, dem Forschungsziel entsprechend, als Intervention im Sachunterricht in einem Prä-Post-Design angelegt (Abb.1).

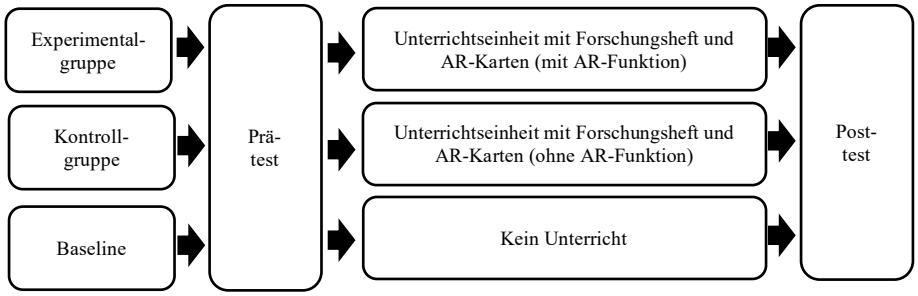


Abb. 1: Übersicht über den Aufbau der Studie

Thematisch erhalten Schüler*innen der Klassen drei und vier die Möglichkeit, sich mit dem Thema Dinosaurier auseinanderzusetzen. Als Erhebungsinstrumente werden ein Fragebogen zum Selbstkonzept der Schüler*innen zum Sachunterricht, ein Modellverständnisfragebogen und ein Fachwissenstest zu Dinosauriern eingesetzt. Der Modellverständnisfragebogen wurde auf Grundlage der Untersuchungen von Terzer und Upmeier zu Belzen (2007) zur „Beschreibung der Levels des Modellverständnisses“ und Krügers et al. (2018) Entwicklung der „Teilkompetenzen und Stufen der Modellkompetenz“ erarbeitet. Den Ergebnissen von Salim et al. (2023) folgend, zeichnet sich besonders der Modellverständnisfragebogen durch eine comicartige Gestaltung aus, um den Schwierigkeitsgrad zu verringern.

Aufbau der Unterrichtssequenz

Während der Unterrichtssequenz erfolgt eine Erarbeitung mithilfe von analogen AR-Karten, die mit einer App auf einem Tablet von der Experimentalgruppe gescannt werden können. Die AR-Karten fungieren als Marker, die wie QR-Codes von der App ausgelesen werden können. Durch das Scannen erscheint ein AR-Dinosaurier-Modell auf der Karte (Abb. 2). Vorteil dieser Kombination von analogem und digitalem Material ist, das so eine physische

Interaktion mit virtuellen Objekten – beispielsweise durch Verrücken oder Drehen der Karte in der Realität – möglich ist (Dörner et al., 2015).

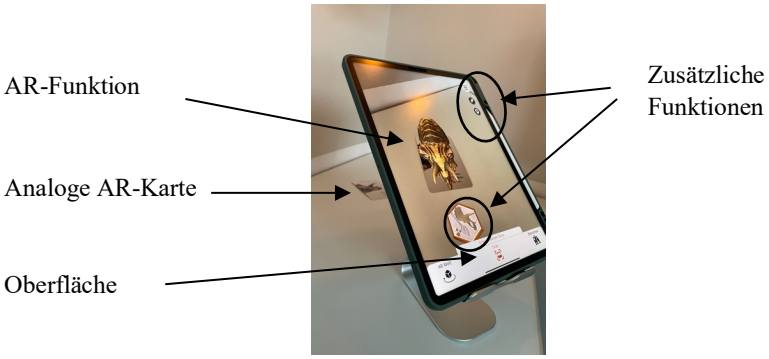


Abb. 2: Scan einer AR-Dinosaurierkarte

Die Kontrollgruppe erhält ebenfalls die analogen Karten, jedoch nicht die Möglichkeit, sie zu scannen. Sie erarbeiten die Unterrichtssequenz mit analogen Dinosauriermodellen, um in ähnlicher Weise lernen zu können.
Teilnehmende Klassen werden am Erhebungstag in das Lehr-Lernlabor des Sachunterrichts der Universität Oldenburg, das *SULab*, eingeladen. Nach der Durchführung des Prätests sowie einer Einführung in das Thema Dinosaurier und Modelle, lernen die Schüler*innen die AR-Karten kennen. Im Anschluss arbeiten sie an insgesamt vier Stationen inhaltlich zu verschiedenen Themenbereichen zu Dinosauriern in Tandems. Den Abschluss des Tages bildet der Posttest und das Feedback der Schüler*innen zur Unterrichtssequenz.

Pilotierung und Ausblick

Die Pilotierung des Projektes wurde für Oktober 2023 in einer vierten Klasse (N=15) geplant. Diese Klasse hat als Experimentalgruppe fungiert. Ziel der Pilotierung war die Erprobung von Material und Testinstrument zur Verfeinerung der Messinstrumente mit einer Fokussierung der Teilkompetenzen des Modellverständnisses. Aktuell werden die Ergebnisse der Pilotierung ausgewertet.
Die zuvor angesprochene Forschungslage lässt einen Zuwachs des Fachwissens sowie einen positiven Einfluss auf das Modellverständnis der Schüler*innen vermuten.

Literatur

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Alexander, J. M., Johnson, K. E., Leibham, M. E., & Kelley, K. (2008). The development of conceptual interests in young children. *Cognitive Development*, *23*(2), 324–334. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2007.11.004

Bakenhus, S., Holzapfel, M. A., Arndt, N., & Brückmann, M. (2022). Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-L Modell. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, *47*, 76–93. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X

Böschl, F., Forbes, C., & Lange-Schubert, K. (2022). Investigating scientific modeling practices in U.S. and German elementary science classrooms: A comparative, cross-national video study. *Science Education*, 1–33. https://doi.org/10.1002/sce.21780

Böschl, F., Gogolin, S., Lange-Schubert, K., & Hartinger, A. (2018). Modellverstehen von Grundschüler/innen in Abhängigkeit von Kontext und Kompetenzniveau. *Klinkhardt*, *28* (Handeln im Sachunterricht), 93-100.

Chen, C.-H. (2020). Impacts of augmented reality and a digital game on students' science learning with reflection prompts in multimedia learning. *Educational Technology Research and Development*, *68*(6), 3057–3076. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09834-w

Chen, C.-H., Chan, W.-P., Huang, K., & Liao, C.-W. (2022). Supporting informal science learning with metacognitive scaffolding and augmented reality: Effects on science knowledge, intrinsic motivation, and cognitive load. *Research in Science & Technological Education*, 1–16. https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2032629

Dörner, R., Kallmann, M., & Huang, Y. (2015). Content Creation and Authoring Challenges for Virtual Environments: From User Interfaces to Autonomous Virtual Characters. In *Virtual Realities. International Dagstuhl Seminar. Dagstuhl Castle. Germany, June 9-14, 2013. Revised Selected Papers* (S. 187–212). Springer.

Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, *68*, 545–556. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018

Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). (2018). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5

Salim, C. A., Mikelskis-Seifert, S., & Brückmann, M. (2023). Der Einfluss von Visualisierungen in einer comicbasierten Lernumgebung. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Aachen 2022*, *43*, 282–285.

Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M.-P. (2017). Learning with dinosaurs: A study on motivation, cognitive reasoning, and making observations. *International Journal of Science Education, Part B*, *7*(3), 203–218. https://doi.org/10.1080/21548455.2016.1200155

Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, *79*, 59–68. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013

Teichrew, A., & Erb, R. (2020). Hauptsache Augmented? In Bildung, Schule, Digitalisierung (S. 421–426). Waxmann Verlag GmbH. https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4246#page=421

Terzer, E., & Upmeier zu Belzen, A. (2007). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. *Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle - Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz*, *16*, 33–56.

Thomas, R., Linder, K. E., Harper, N., Blyth, W., & Lee, V. (2019). Current and Future Uses of Augmented Reality in Higher Education. *IDEA*, *18*, 13.

Wu, P.-H., Hwang, G.-J., Yang, M.-L., & Chen, C.-H. (2018). Impacts of integrating the repertory grid into an augmented reality-based learning design on students' learning achievements, cognitive load and degree of satisfaction. Interactive Learning Environments, 26(2), 221–234. https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1294608

Jun.-Prof. Dr. Johann-Nikolaus Seibert[1] [1]Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU)

CLeVerLAB:digital - Im Tandem zur Digitalisierung im Chemieunterricht

Zusammenfassung
Die Veranstaltung CLeVerLAB:digital bietet Studierenden des Lehramts Chemie an der RPTU in Kaiserslautern die Möglichkeit des Erwerbs digitalisierungsbezogener Kompetenzen im Fachkontext. Chemiedidaktisch soll in dieser Veranstaltung dieser Kompetenzerwerb an praxisrelevanten Lerngegenständen stattfinden: Problemorientiertes Forschendes Lernen und die Konzeption adressatengerechter Lernanlässe, Visualisierung von Teilchen, Individualisierung von Lehr-Lernprozessen durch die selektive Verwendung differenzierter Lernanlässe. Ausgehend davon werden zunächst analoge Lehr-Lernsettings für den experimentellen Chemieunterricht von den Teilnehmende entwickelt, welche anschließend durch zentrale Aspekte der Visualisierung und Differenzierung angereichert werden. Zur Unterstützung bekommen die Studierenden Tandem-Partner:in aus der Schulpraxis zugeteilt, die sie individuell beraten und eine entsprechende Lerngruppe zur Erprobung der Einheit zur Verfügung stellen. Dabei soll adressatengerecht Hilfestellungen entwickelt und mittels Augmented Reality (AR) in das analoge Arbeitsheft (workARbook) integriert werden.

Inhaltliche Strukturierung von CLeVerLAB:digital

CLeVerLAB:digital erfolgt in einem Dreischritt aus didaktisch/methodischer, medialer und reflexiver Auseinandersetzung mit entsprechenden digital angereicherten Lehr-Lernkonzepten im Chemieunterricht. Dabei realisieren Studierende in dieser Reihenfolge eigene Lehr-Lernanlässe für eine zugeteilte Klasse mit der Unterstützung einer Lehrkraft.

Fachdidaktische & methodische Auseinandersetzung mit dem Lehr-Lerngegenstand
In drei Basisseminaren wird die Grundlage für eine transparente und progressive (digital angereicherte) Unterrichtskonzeption gelegt, indem primär die Sachebene geklärt wird und ausgewählte experimenteller Lehr-Lerneinheiten von den Studierenden kontextualisiert rekonstruiert werden. In diesem Zusammenhang wird eine praxisnahe Lernerperspektive mittels realer Lerngruppe realisiert, für die passende Differenzierungsmaßnahmen getroffen werden müssen. Hierzu entwickeln die Studierenden mit einer Tandem-Lehrkraft passende Lernhilfen und Visualisierungselemente (vgl. Abb. 1.).

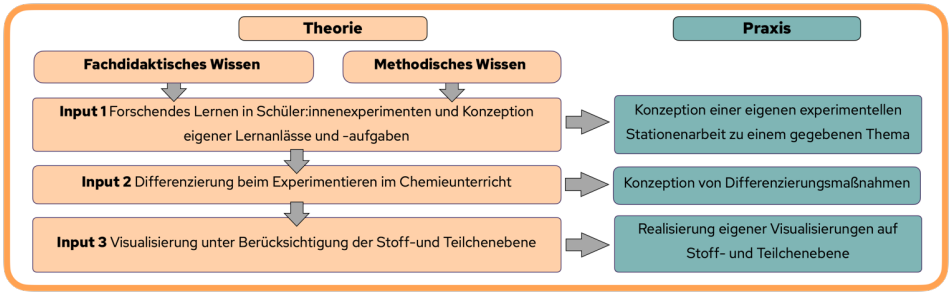


Abb. 1 Theorie-Praxis-Verknüpfung durch didaktisch-methodische Realisierung eigener differenzierter Lehr-Lernanlässe für eine zugeteilte reale Klasse

Mediale Auseinandersetzung mit dem Lehr-Lerngegenstand

Innerhalb einer Blockveranstaltung beschäftigen sich die Studierenden und die Tandem-Lehrkräfte mit der digitalen Methode (hier: Augmented Reality mit ZapWorks Designer/Studio und 3D-Modellierung mit Blender). Dabei wird zunächst in einem Guided-Practice Workshop bestehende evaluierte Lehr-Lernmaterialien nachgebaut, um im anschließenden Advanced Workshop eigene Lösungen zu den zuvor entwickelten „analogen" Lerneinheiten umzusetzen. Hierbei werden die entwickelten Lernhilfen als Differenzierungsmaßnahme augmentiert und geplante Visualisierungen in 2D und 3D mittels AR realisiert. Die entstehenden Lehr-Lernmaterialien werden abschließend in einem workARbook, als ein digital angereichertes Arbeitsheft zur Differenzierung und Visualisierung im Chemieunterricht, zusammengefasst (vgl. Abb. 2.). Augmented Reality bietet sich als Technologie ideal an, um didaktische und pädagogische Potentiale digitaler Methoden mit Studierenden zu thematisieren und in Anlehnung an Klafki (1963) allgemein digitale Technologien auf ihre Potentiale und Gefahren hin zu analysieren (Seibert et al., 2020a). AR beschreibt die gezielte Kombination von Realobjekten (Realität) und digitalen Inhalten (Virtualität) innerhalb eines Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums (Milgram, 1994) einerseits in Echtzeit und andererseits durch eine dreidimensionale Registrierung kommen (Azuma, 1997). Beim naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen, insbesondere in der Chemie, gibt es mittlerweile eine Vielzahl an AR-Anwendungen, bei denen das Lernen durch das digitale Medium im Vordergrund steht (vgl. Akçayır & Akçayır, 2017; Tschiersch, 2021; Krug et al., 2021; Seibert, 2021). Somit kann Augmented Reality insbesondere dabei helfen, papierbasiertes Lernen mit digitalen Inhalten anzureichern (Seibert et al., 2019; Huwer et al., 2019), „Unsichtbares" sichtbar zu machen, indem Blackbox-Prozesse in Anlehnung an das deAR-Modell transparent gestaltet werden (Seibert et al., 2020b; Seibert et al., 2020c; Probst et al., 2021), Teilchenprozesse auf submikroskopischer Ebene visualisiert werden (Chen & Liu, 2020; Kempke & Zeidler, 2023) oder haptische Experimentalaufbauen sowie komplette Laborumgebungen mit digitalen Inhalten angereichert werden (Krug et al., 2021).

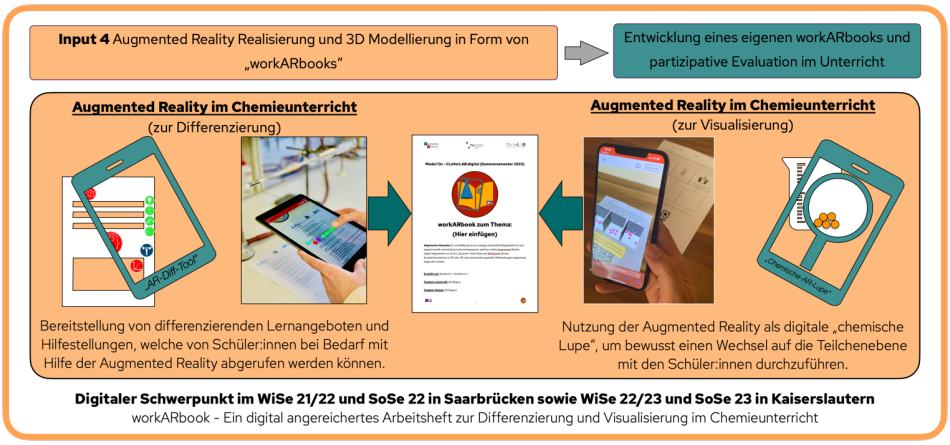


Abb. 2 Digitale Anreicherung der eigenen analogen Lehr-Lernanlässe mittels AR und Zusammenführen von AR-Anwendungen zur Differenzierung und zur Visualisierung innerhalb eines workARbooks

Konstruktiv kritische Auseinandersetzung mit der konzipierten Lehr-Lerneinheit und Reflexion anhand des praktischen Einsatzes

Organisatorisch ist die Veranstaltung im Expert-Learning-Tandem konzipiert, wodurch der Kompetenzerwerb auf Seiten der Studierenden und der Lehrkräfte durch ein Coach-the-Coach Prinzip realisiert wird (Abb. 3.). Durch einen semesterbegleitenden Austausch der Studierenden mit der zugeteilten Lehrkraft, profitieren die Studierenden von der didaktisch-pädagogischen Erfahrung der Lehrkraft und umgekehrt schulen die Studierenden die Lehrkräfte im Umgang mit neuen digitalen Unterrichtsmethoden. Gleichermaßen steht hier die kontinuierliche und v.a. partizipative Entwicklung von Lehr-Lernanlässen im Vordergrund, von dem Studierende und Lehrpersonen gleichermaßen profitieren.

Abb. 3 Konzept der integrierten Lehrkräftefortbildung innerhalb einer studentischen Veranstaltung im Kontext des digital angereicherten Lernens im Fach Chemie durch Bildung von Studierenden-Lehrkräfte-Tandems

Nachhaltige Einbindung in die digitale Lehrpersonenaus- und -weiterbildung der RPTU

Die Veranstaltung wurde sowohl an der Universität des Saarlandes als auch an der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität durchgeführt und nachhaltig in die Lehramtsausbildung Chemie implementiert. In Kaiserslautern ist CLeVerLAB:digital mittlerweile als praxisnahes ergänzendes Ausbildungsmodul zur Erweiterung des digitalen Lehr-Lern-Labor der Fachdidaktik Chemie integriert. Außerdem konnten in den vergangenen zwei Jahren mehrere Fortbildungen für Lehrkräfte und Referendar:innen durchgeführt werden, sodass insgesamt 106 Studierende und 60 Lehrkräfte im Kontext des Lehrens und Lernens mit Augmented Reality im Chemieunterricht (durch workARbooks) aus- bzw. weitergebildet werden konnten.

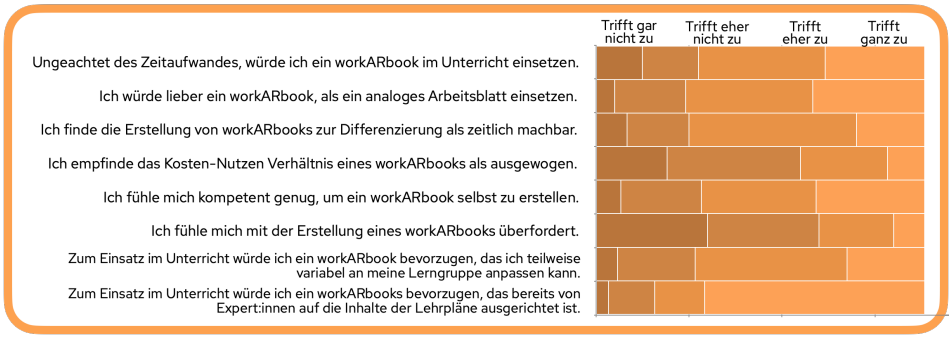


Abb. 4 Itemauswahl aus der begleitenden Fragebogenumfrage zur Haltung und Usablity gegenüber dem Einsatz von workARbooks im Chemieunterricht (n=106 Studierende)

Danksagung

Ein großer Dank gilt der Joachim Herz Stiftung, welche das Projekt „workARbook“ im Rahmen des Programms Kolleg Didaktik:digital gefördert hat.

Literatur

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators & Virtual Environments 6, 355–385.

Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature, Educational Research Review 20, 1– 11.

Klafki, W. (1963). Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim: Beltz.

Milgram, P., Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE Transactions on Information and Systems 77, 1321– 1329.

Seibert, J. (2021). Interdisziplinärer und multiperspektivischer Ansatz zum Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht. Dissertation. Saarbrücken.

Seibert, J., Lang, V., Lauer L., Eichinger, A., Bach, S., Kelkel, M., Kay, C. W., u.a. (2021). Augmented Reality als digitales Lernwerkzeug zur Visualisierung nicht- beobachtbarer Prozesse. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Aachen 2020. Regensburg.

Seibert, J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M., & Kay, C. W.. (2020). deAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. In K. Kaspar, Becker-Mrotzek, M., Hofhues, S., König, J., & Schmeinck, D. (Hrsg.), Bildung, Schule, Digitalisierung (S. 451-456). Münster/New York: Waxmann.

Seibert, J., Huwer, J. & Kay, C. W. M. (2020) - Reale und digitale Inhalte verknüpfen - Den Aufbau eines Lithium-Ionen-Akkus mit Augmented Reality verstehen. Naturwissenschaften im Unterricht. Heft 177/178. S. 86-91.

Seibert, J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Huwer, J., & Kay, C. (2020). Multitouch Experiment Instruction for better outcome in Chemistry Education. World Journal of Chemical Education, 8(1), 1-8. doi: 10.12691/wjce-8-1- 1

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., Huwer, J. (2019) AR bringt mehr Tiefe in Experimentalanleitungen. Computer & Unterricht. Heft 114. S. 32-34.

Probst, C. et al. (2021). Effekte von Augmented Reality (AR) zur Visualisierung eines dynamischen Teilchenmodells – virtuelle Modelle zum Anfassen, CHEMKON.

Tschiersch, A. (2021). Augmented Reality in chemistry education – an overview, CHEMKON, 28, 241– 244.

Krug, M. (2021). Challenges for the Design of Augmented Reality Applications for Science Teacher Education, Proceedings of INTED2021 Confer, 6, 2484–2491.

Kemke, T. & Zeidler, J. (2023). Augmented Reality im Chemieanfangsunterricht, CHEMKON.

Ahmad Asali[1]
Majeed Tanveer[1]
Sebastian Staacks[1]
Heidrun Heinke[1]
Laura Vöckel[2]
Fabiola Haas[2]
Timo Klein-Soetebier[2]
Julia Mierau[2]
Heike Nitzsche[3]

[1]RWTH Aachen Universität
[2]DSHS Köln
[3]HSZ RWTH & FH Aachen

Phyphox-basierte Analyse der Newton'schen Mechanik im Tischtennisspiel

Motivation

Tischtennis gilt als eine techniklastige Sportart, in der kleinste Veränderungen der Schlagausführung große Konsequenzen haben. Die Stärke der Rotation eines Balls zu messen ist aufgrund des hohen Tempos und der kleinen Ausmaße schwierig. Eine robuste Analyse benötigt spezielle Kameras und Software (Hsien-I et al., 2020; Schneider et al. 2018), die sich Schulen nicht leisten können, oder die ständige Begleitung und Beurteilung durch Lehrkräfte, die zeitintensiv und subjektiv ist. Maschinelles Lernen kann hierfür alternative neue Möglichkeiten eröffnen, die aber Videoanalyse und viele Referenzdaten benötigen (Li, 2023). Auf der anderen Seite bietet die Analyse im Tischtennis gute Anlässe, verschiedene physikalische Phänomene im Rahmen der Newton'schen Mechanik zu untersuchen. Mit Hilfe der App phyphox (Staacks et al. 2018; Stampfer et al., 2020), die für Smartphones kosten- und werbefrei verfügbar ist, setzen die RWTH Aachen und DSHS Köln auf die Messung der physikalischen Effekte des Balls beim Auftreffen auf den Tisch. Die digitale Messwertaufnahme und eine automatisierte Datenanalyse erlauben systematische und objektive Untersuchungen der sportpraktischen Leistung, wie dies in den Prüfungsanforderungen verlangt ist (Schulministerium NRW, 2016, S. 44), und zwar mit einem niederschwelligen Aufwand. Außerdem werden Bezüge zwischen physikalischen Phänomenen und sportlichen Ereignissen erkennbar, was einer zugleich spielerischen und datengestützten Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen durch die Lernenden dienen kann.

Rahmenbedingungen

Wenn ein Ball mit Vorwärtsbewegung in Rotation um eine Eigenachse versetzt wird, kann er einer unerwarteten, gekrümmten Bewegungsbahn folgen. Insbesondere bewegt er sich nach dem Aufprall mit einem kleineren bzw. größeren Winkel verglichen mit dem Auftreffwinkel fort. Dies gibt den Spieler:innen den Eindruck, er werde „schneller" oder „langsamer", wobei sie nur die Geschwindigkeitskomponente in Vorwärtsrichtung betrachten. Das zugrundeliegende Phänomen heißt Magnus-Effekt (Demtröder, 2015, S. 230). Sportler:innen nutzen gezielt diesen Effekt in Sportarten wie Fußball, Tennis und Tischtennis. Die Fähigkeit, den Ball in Rotation zu versetzen, lässt sich deshalb als ein Kriterium für den Leistungsfortschritt in diesen Sportarten betrachten. Der Beitrag fokussiert auf Tischtennis, wobei die zusätzliche Vorwärts- und Rückwärtsrotation ((Top-Spin & Back-Spin) des Balls im Vergleich zu dem Fall ohne Eigenrotation (No-Spin) untersucht wird. Die zusätzliche Rotation erzeugt einen Beitrag zur Reibung mit dem Tisch. Wenn der Ball auf dem Tisch landet, wird die Rotations-

bewegung des Balls durch den Tisch verhindert. Dieses Bremsen entspricht einer negativen Beschleunigung, die sich über die Wechselwirkung mit dem Tisch darauf überträgt. Über die internen Sensoren des Smartphones auf dem Tisch wird der Effekt sichtbar gemacht. Die Wechselwirkung des Tisches mit dem Ball ändert die Translationsbewegung und somit die Vorwärtskomponente der Geschwindigkeit und beeinflusst den Winkel, unter dem der Ball zurückspringt. Zur Messung der Beschleunigungen eignen sich gängige Smartphones.

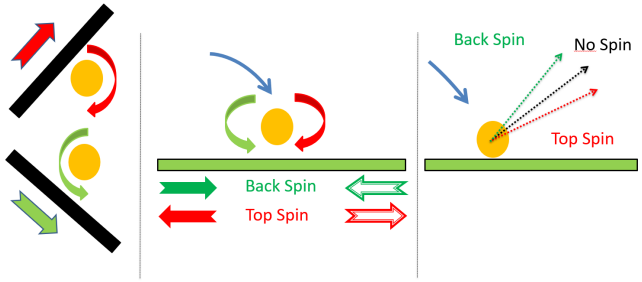


Abb. 1: Links: Bewegung des Schlägers (rot: Top-Spin, grün: Back-Spin). Mitte: blauer Pfeil: Flugbahn des Balls; roter bzw. grüner Halbkreis: Vorwärts- bzw. Rückwärtsrotation, vollgefärbter Pfeil: die Reibungskraft, hohler Pfeil: die Reaktion des Tisches. Rechts: Änderung des Abprallwinkels.

Aufbau und Durchführung

Für die Durchführung der Messdatenaufnahme werden zwei Spieler:innen mit Tischtennisschlägern, ein Tischtennistisch, min. 20 Tischtennisbälle, ein Smartphone mit phyphox (https://phyphox.org), sowie ein zweites Endgerät für den Fernzugriff auf das Smartphone benötigt. Man startet die App, wählt das Experiment „Beschleunigung mit g“ aus und verbindet das Smartphone mit dem zweiten Gerät. Das Smartphone wird mit dem Display nach unten 2 cm vom Netz positioniert (siehe Abb. 2). Für eine zuverlässige Analyse soll eine Person als Zuspieler:in den Ball aus der Luft direkt auf die gegenüberliegende Tischhälfte schlagen, der von der / dem Spieler:in zurückgeschlagen wird. Diesen Vorgang wiederholt man, bis mindestens 10 erfolgreiche Schläge je Rotationsart aufgenommen wurden.

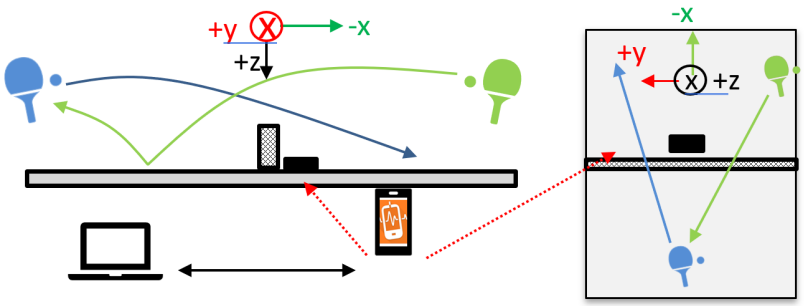


Abb. 2: Aufbau in Seitenansicht (links) und Draufsicht. Zuspieler:in grün, Spieler:in blau.

Datenaufnahme und -auswertung

Auch wenn größere Datensätze genauere Aussagen ermöglichen, reichen schon 10 erfolgreiche Schläge pro Rotationsart für eine erste Analyse aus. Hier wurden insgesamt 30 erfolgreiche Schläge pro Testperson aufgenommen. Nach jedem Durchgang werden die Messdaten als Tabelle im Format .csv oder .xlsx gespeichert. Über die Funktion „Fernzugriff“

können die Messdaten über das zweite Gerät gesehen und gespeichert werden. D.h. das Smartphone bleibt dabei unberührt. Der Unterschied der mittleren Beschleunigungsdifferenz je Schlag zwischen Top-Spin bzw. Back-Spin und No-Spin Schlägen ist die gesuchte Größe. Hierfür ermittelt man zuerst die Unterschiede zwischen maximalen und minimalen Werten der Beschleunigungsdaten für jeden Schlag. Anschließend bildet man den Mittelwert jeweils für Schläge mit Top-Spin bzw. Back-Spin und No-Spin und vergleicht letztendlich diese zwei.

- Schritt 1: Maximum und Minimum für jeden Schlag finden: $a_{tot,i,Max}^{X-Spin}$ und $a_{tot,i,Min}^{X-Spin}$ wobei das X-Spin für No-Spin, Top-Spin und Back-Spin steht.
- Schritt 2: den Unterschied bilden $\delta a_{tot,i}^{X-spin} = \left| a_{tot,i,Max}^{X-Spin} - a_{tot,i,Min}^{X-Spin} \right|$
- Schritt 3: den Mittelwert berechnen: $m_{X-Spin} = \left(\sum_i \delta a_{tot,i}^{X-spin} \right) / i$
- Schritt 4: Differenz der Mittelwerte berechnen, z.B.: $\Delta a_{Top-No} = m_{Top-Spin} - m_{No-Spin}$

Für die automatisierte Analyse der Daten wurde ein Python-Code entwickelt, der die Peaks in den Beschleunigungswerten identifiziert. Hierfür ist es wichtig, dass Peaks aus einer fehlerbehafteten Messwertaufnahme (z.B. Ballkontakt mit dem Netz oder dem Tischrand bzw. durch Körperkontakt mit dem Tisch) verworfen werden. Damit die Nutzer:innen solche Peaks händisch abwählen können, erstellt der Code eine interaktive Graphik. Darin kann man die Anzahl der Peaks (Schläge) eintragen und die Peaks für die Datenanalyse einzeln aus- und abwählen. Die Ergebnisse können in eine separate Excel-Datei ausgegeben werden, darauf folgt Schritt 4 händisch von den Nutzer:innen. Die niederschwellige Messwertaufnahme und die halbautomatische Auswertung erlauben eine personalisierte Leistungskontrolle.

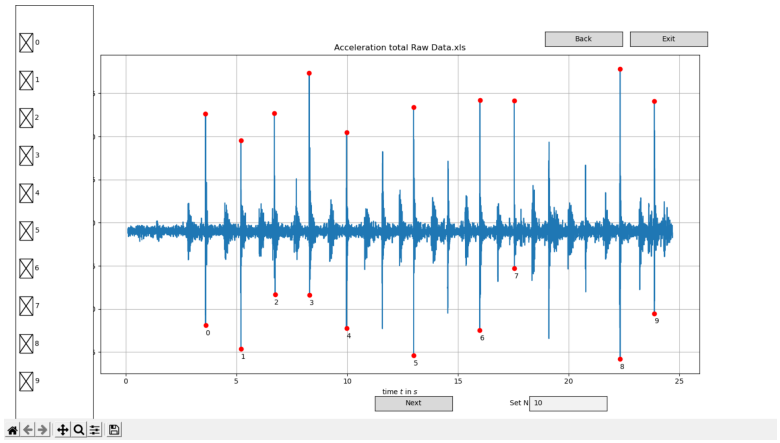


Abb. 3: Die interaktive Graphik erlaubt händisches Aus- und Abwählen der Peaks.

Ausführung, erste Ergebnisse und Ausblick

Bisher wurden über 1500 Schläge von Spieler:innen und über 1000 von Tischtennisrobotern in Aachen und Köln aufgenommen und mit dem Code analysiert. Die Aufnahme in Köln wurde zudem von einem Experten begleitet, der die sportliche Leistung der Spieler:innen erfahrungsbasiert bewertete. Es konnten klare statistische Korrelationen zwischen den jeweils kleinen aber betragsmäßig positiven bzw. negativen Werte von Δa_{Top-No} bzw. $\Delta a_{Back-No}$ mit dem Leistungsniveau der Spieler:innen für Top-Spin bzw. Back-Spin Schläge gezeigt werden. Aktuell wird an einer Webseite für eine automatisierte Analyse von Daten gearbeitet, die es Spieler:innen ermöglichen soll, ihre Daten zur Analyse ihres persönlichen Fortschritts hochzuladen, sowie an Implementierung und Testung an Schulen.

Literatur

Lin, H.-I., Yu, Z., Huang, Y.-C. (2020). Ball Tracking and Trajectory Prediction for Table-Tennis Robots. In Sensors 2020 (20), S. 333. MDPI. https://doi.org/10.3390/s20020333

Schneder, R., Lawerentz, L., Lüskow, K., Maschall, M., Kemnitz, S. (2018). Statistical Analysis of Table-Tennis Ball Trajectories. In Appl. Sci. 2018 (8), S. 2595. MDPI. https://doi.org/10.3390/app8122595

Li, W. (2023). Analyzing the rotation trajectory in table tennis using deep learning. In Soft Comput 27, S. 12769. Springer. https://doi.org/10.1007/s00500-023-08962-8

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018) Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In Physics Education 53 (4) 045009. https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e

Stampfer C., Heinke, H., Staacks, S. (2020). A lab in the pocket. In Nature Reviews Materials 5 (3) S. 169. https://doi.org/10.1038/s41578-020-0184-2

Schulministerium NRW (2016). Prüfungsanforderungen für die Bewertung der sportpraktischen Leistungen im Rahmen der Fachprüfung Sport im Abitur. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW, Heft 4732/2. www.schulministerium.nrw.de, https://www.schulsport-nrw.de/fileadmin/user_upload/schulsportpraxis_und_fortbildung/pdf/4734_2_Inhalt.pdf

Demtröder, W. (2105). Experimentalphysik 1. Springer Spektrum Berlin Heidelberg. eISBN: 978-3-662-46415-1. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46415-1

Alexander Kauertz[1]
Katharina Gierl[1]

[1]RPTU Kaiserslautern Landau

Digitale kollaborative Lernaufgaben im Physikunterricht

Abstract
In einer vollständig theoriebasiert entwickelten, physikdidaktischen Lerneinheit werden im Sinne eines *digitalen Doppeldeckers* von Studierendentandems, die kollaborativ und digital zusammenarbeiten, Lernaufgaben für Schülerinnen und Schüler entwickelt, an denen diese digital und kollaborativ arbeiten können. Im Rahmen der Lerneinheit werden aufgabenbasiert zentrale pädagogische und fachdidaktische Theorien und Modelle gelernt und in konkrete Aufgaben umgesetzt. Begleitend werden dazu das Erleben der Kooperation, Präferenzen für kooperative Lernformen, sowie die Evaluation der Lerneinheit per Fragebogen erhoben. Das verwendete Kollaborationsskript wird mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet, um metakognitive, kognitive und kollaborative Aktivitäten zu identifizieren. Die erzeugte Lernaufgabe des Studierendentandems wird im Hinblick auf Lernprozessorientierung, Differenzierung, Zielklarheit, Feedback und Interaktivität bewertet. Erste qualitative Ergebnisse deuten an, dass die Qualität der Lernaufgabe nicht unmittelbar mit theoretisch erwartbaren Aktivitäten, Erleben und Präferenzen zusammenhängt.

Theoretischer Hintergrund

Lernaufgaben werden im Physikunterricht genutzt, um Lernprozesse zu initiieren und zu gestalten (Fischer & Kauertz, 2020). Unter dem moderat-konstruktivistischen Lernverständnis laufen bewusste und zielgerichtete Lernprozesse stets individuell, selbstreguliert und aktiv ab. Ziel von Aufgaben ist es daher, dass Lernende kognitiv aktiviert werden und in ihrem Lernen unterstützt werden. Dazu enthalten Aufgaben neben der Aufgabenstellung auch weiterführende Informationen, wie etwa inhaltliche Hilfen, ergänzende Texte aber auch Hinweise zur methodischen Gestaltung des Arbeitsprozesses – etwa „tausche dich dazu mit deinem Sitznachbarn aus“. Höherwertige kognitive Tätigkeiten (higher order thinking skills) wie konvergentes und divergentes Denken, um Informationen zu verknüpfen und Wissensnetzwerke zu erweitern, reflektieren von Bedeutungen und Vorgehensweisen, ab-/einschätzen von Qualität, Effizienz, Effektivität, Zielsetzung etc. sollen durch bestimmte Gestaltungsmerkmale von Lernaufgaben gezielt angeregt und ermöglicht werden. Sie grenzen sich von – für nachhaltiges Lernen ebenfalls notwendigen – Aufgaben ab, bei denen Routinen gebildet oder durch Kontrastieren und Vergleichen Wissenskategorien und Generalisierungen ausgeprägt werden.

Im Zuge der vor etwas mehr als einem Jahrzehnt propagierten „neuen Aufgabenkultur“ wurden „Gute Lernaufgaben“ so beschrieben, dass sie differenzierte, lernprozessorientierte Arbeitsaufträge und Materialien umfassen, die es den Lernenden ermöglichen neue Inhalte und Methoden aktiv, selbstständig und im individuellen Lerntempo zu erarbeiten (Leisen, 2010). Die Kompetenzorientierung in Bildungsstandards und Lehrplänen seit 2004 hat ebenfalls zu einem veränderten Blick auf die Gestaltung von Aufgaben geführt. Im Fokus kompetenzorientierter Aufgaben stehen physikbezogene Denk- und Arbeitsweisen, vor allem der Umgang mit Evidenz etwa aus Experimenten und das Modellieren physikalischer Phänomene, ergänzt durch Nutzen und Herstellen physiktypischer Repräsentationsformen und

eine analytische Betrachtung von Bewertungen persönlicher oder gesellschaftlicher Entscheidungen unter physikalischer Perspektive.
Eine besondere Form von Lernaufgaben bieten kollaborative Lernaufgaben, die sich an Selbstlernaufgaben anschließen. Sie bieten die Möglichkeit durch den notwendigen Austausch zwischen Lernenden, das Verständnis der Lerninhalte zu reflektieren, zu vertiefen und zu erweitern (Straub, 2001). Da Kollaboration abhängig ist von der Bereitschaft zur Zusammenarbeit, der Kenntnis effektiver Verfahren zur Gestaltung von Zusammenarbeit und Kommunikation, Selbstregulationsfähigkeit der Beteiligten, Umfang und Komplexität der zu erledigenden Arbeit, Ressourcen und deren effizientem Einsatz etc., sind kollaborative Lernaufgaben sehr anspruchsvoll. Um die Lernsituation etwas zu entlasten können durch Kollaborationsskripts (Kiemer et. al, 2020) Kollaborationsprozesse erfolgreich angeleitet und unterstützt werden.
Gerade die Kollaboration kann mit Hilfe digitaler Tools vereinfacht werden, da diese asynchrones Arbeiten, Transparenz über Arbeitsfortschritte, ortsunabhängiges Kommunizieren und individuellen, geregelten Zugriff auf gemeinsame Ressourcen ermöglichen. Mithilfe digitaler Tools können die Lernaufgaben zudem interaktiv gestaltet werden. Dadurch besitzen sie ein höheres Potential die Lernenden kognitiv zu aktivieren (ICAP Framework Chi & Wylie (2014)) und können somit einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit haben (Lipowsky et al., 2009). Da auch Feedback-Prozesse vereinfacht oder sogar automatisierbar werden, werden Selbstregulationsprozesse auch aktiv unterstützt. Besonders für Kollaboration ist das ein Vorteil, weil sie ein höheres Maß an metakognitiven Aktivitäten erfordert, da die Beteiligten sich abstimmen und den gemeinsamen Lernprozess regulieren müssen.

Forschungsfrage

Das Entwickeln und Nutzen von (digitalen) kollaborativen Lernaufgaben gehört zum grundlegenden Repertoire von Lehrpersonen und wird im Rahmen der Lehrpersonenbildung sowohl in den Bildungswissenschaften als auch der Physikdidaktik gelehrt. Allerdings zeigen sich Studierende oft skeptisch bezüglich der wissenschaftlich belegten Wirkung solcher Aufgaben, da sie aus ihrer eigenen Lernbiographie berichten, dass sie solche Aufgaben oft als wenig lernförderlich und sozial herausfordernd kennengelernt haben. Im Rahmen einer state-of-the-art Lerneinheit zu digitalen kollaborativen Lernaufgaben, die als didaktischer Doppeldecker selbst digitale kollaborative Lernaufgaben beinhaltet, wird daher untersucht, wie Studierende die Arbeit an kollaborativen Lernaufgaben wahrnehmen.

Aufbau der Lerneinheit

Die Lerneinheit war als vierwöchige Online-Lernumgebung konzipiert und umfasste Phasen der Einzelarbeit, Partnerarbeit in Videokonferenzen nach der Peer-Interaction-Methode (Heeg et al., 2020), gemeinsame Arbeitsaufträge, Kollaborationsskripts mit Methoden, Hilfen und Reflexionsphasen (vgl. Klingsieck, 2018). Die Studierenden erhielten automatisiertes Feedback mittels Selbsttests (Fasching, 2008). Die Tiefenstruktur der Lernumgebung folgte den Basiskonzepten „Konzeptbildung“ und „Lernen durch Eigenerfahrung“ (Oser & Baeriswyl, 2001). Als Lernprodukt entwickelten die Studierenden eine gemeinsame kollaborative, lernprozessorientierte Lernaufgabe für Schüler:innen.

Untersuchungsdesign

Insgesamt nutzten 11 Studierende des gymnasialen Physiklehramts (6 aus dem Bachelorstudiengang, 5 aus dem Masterstudiengang) die Lernumgebung und nahmen an allen Untersuchungen teil. Die Studierenden arbeiteten in Tandems. Es wurden insgesamt vier verschiedene Arten von Daten erhoben:

1. Fragebogendaten zu
   - Erleben der Kooperation (Weßnigk, 2013) 6 Subskalen à 34 Items (α=.70-.86);
   - Präferenz für kooperative Lernformen (Müller & Feller, 2006) 6 Items (α=.83)
   - Lernstrategien im Studium Kurzskala (Klingsieck, 2018) 13 Subskalen á 39 Items (α=.50- 0.88)
   - Evaluation der Lerneinheit und Verwendung des Kollaborationsskripts
2. Aufzeichnung der Videokonferenzen der Tandems und qualitative Inhaltsanalyse mittels Kategoriensystem basierend auf Wiedmann et al., (2019)
3. Auswertung des Kollaborationsskripts bezüglich Reflexion der Partnerarbeit und des Lernprozesses sowie der Lernzielerreichung.
4. Analyse der Qualität der Lernaufgaben bezüglich Lernprozessorientierung, Differenzierung, Interaktivität (ICAP), Zielklarheit und Feedback.

Die Fragebogendaten wurden zu verschiedenen Zeitpunkten während der Lernumgebung eingesetzt, die Präferenz für kooperative Lernformen wurde zu Beginn und am Ende erfasst, das Erleben der Kooperation nach dem ersten Drittel und am Ende.

Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse liegt zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig vor. Erste Analysen zeigen, dass das Kollaborationsskript zunächst als hilfreich wahrgenommen wurde, diese Wahrnehmung aber im Laufe der Lernumgebung zurückging. Insgesamt zeigen sich auf allen quantitativen Skalen relativ hohe Ausprägungen, die Qualität der Lernprodukte ist dagegen sehr heterogen. In der Auswertung des Kollaborationsprozesses (Videokonferenzen und Kollaborationsskript) konnten drei Bereiche von Aktivitäten identifiziert und nach einem adaptierten Kategoriensystems nach Wiedmann et al. (2019) zugeordnet werden: metakognitive, kognitive und kollaborative Aktivitäten. Derzeit liegen erste Ergebnisse für drei der insgesamt 5 Tandems vor.

Diskussion und Ausblick

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Untersuchungsdesign prinzipiell geeignet erscheint, um Unterschiede in der Wahrnehmung, Bearbeitung und dem Erfolg der Tandems zu erfassen. Bei den drei hier berichteten Tandems fällt auf, dass Tandem 1 mit der besten entwickelten Lernaufgaben wenige metakognitive Aktivitäten zeigte und die geringste Zeit benötigte. Das Tandem 3 zeigte die bislang größten Unterschiede in ihrer Wahrnehmung der Kollaboration, brauchten die längste Zeit und hatten keine akzeptable Lernaufgabe entwickeln können. In beiden Fällen soll ein differenzierterer Blick in die verschiedenen Aktivitäten unter Berücksichtigung sozialer Wechselbeziehungen, Redeanteilen und möglichen Hindernisgründen oder Distraktoren helfen, die Abweichungen von den theoretisch erwartbaren Zusammenhängen zwischen Wahrnehmung, Bearbeitung und Erfolg aufzuklären. Die Daten dieser und der anderen Tandems lassen diese Untersuchungen zu, so dass die ersten drei Tandems zu Hypothesengenerierung genutzt werden können und die weiteren Tandems einer weiteren Erhebung zur Sammlung von weiteren Evidenzen dienen können.

Literatur

Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. Educational psychologist, 49(4), 219-243.

Heeg, J., Hundertmark, S., & Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning–seven essential features for designing fruitful classroom practices that develop students' individual conceptions. Chemistry Education Research and Practice, 21(3), 765- 788.

Fasching, Michaela Stefanie (2008): Analyse der Nutzung der Selbsttests im Projekt "Vienna E-Lecturing" (VEL) und Evaluation des web-basierten attributionalen Feedbacks. Univerität Wien. DOI.10.25365/THESIS.3101

Kauertz, A., Fischer, H.E. (2020). Aufgaben im Physikunterricht. In: Kircher, E., Girwidz, R., Fischer, H. (eds) Physikdidaktik | Grundlagen. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59490-2_12

Kiemer, K., Wekerle, C., & Kollar, I. (2020). Kooperationsskripts beim technologieunterstützten Lernen. Handbuch Bildungstechnologie. Springer, Berlin, Heidelberg, 305-319.

Klingsieck, K. B. (2018). Kurz und knapp – die Kurzskala des Fragebogens „Lernstrategien im Studium" (LIST). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 32(4), 249–259. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000230

Leisen, J. (2010): Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 21 (117/118), 9–13.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. Learning and Instruction, 19, 527–537

Müller, K. & Feller, G. (2006). Schlüsselkompetenzen nach drei verschiedenen Ausbildungswegen im Vergleich. Wissenschaftliche Diskussionspapiere / Bundesinstitut für Berufsbildung, BIBB: H. 80. BIBB. http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979006368

Oser, F.K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Hrsg.), Handbook of research on teaching (4. Aufl ., S. 1031–1065). Washington: American Educational Research Association

Straub, Daniela (2001): Ein kommunikationspsychologisches Modell kooperativen Lernens: Studien zu Interaktion und Wissenserwerb in computergestützten Lerngruppen. Dissertation im Fachgebiet Psychologie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. http://www.dissertation.de/html/body_straub_daniela.htm

Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Wiedmann, M., Kaendler, C., Leuders, T., Spada, H. & Rummel, N. (2019). Measuring teach- ers' competence to monitor student interaction in collaborative learning settings. Un- terrichtswissenschaft, 47(2), 177-199. https://doi.org/10.1007/s42010-019-00047-6

Simone Abels[1]
Ronja Sowinski[1]
Elisabeth Hofer[1]
Annika Rodenhauser[1]
Lisa Stinken-Rösner[2]

[1]Leuphana Universität Lüneburg
[2]Universität Bielefeld

Entwicklung eines virtuellen Lernraums zum digitalen Kompetenzerwerb

Kontext und Forschungsinteresse

Spätestens seit der von der KMK veröffentlichten Strategie „Bildung in der digitalen Welt" (Kultusministerkonferenz, 2016) spielt der Einsatz digitaler Medien im Unterricht sowie der Erwerb entsprechender Kompetenzen von Schüler*innen und Lehrkräften eine zentrale Rolle im Schulkontext. Hierfür benötigen Lehrkräfte entsprechendes Professionswissen, welches anlehnend an das TPACK-Modell beschrieben werden kann (Koehler, Mishra & Cain, 2013; Mishra & Koehler, 2006), sowie eine positive Selbstwirksamkeitserwartung gegenüber dem (potenziellen) Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht (Vogelsang et al., 2019). Um dies zu fördern, braucht es auch entsprechende Lerninhalte im Rahmen des Lehramtsstudiums (Maaz et al., 2020; Schubatzky et al., 2022; Stinken-Rösner, 2021b). Bisher finden sich solche Inhalte zumeist in Modulen in fortgeschrittenen Semestern oder werden nur theoretisch vermittelt. Zudem sorgen enorme Standortunterschiede an den ehemaligen Schulen der Lehramtsstudierenden für heterogene digitale Vorerfahrungen, wodurch sich eine zusätzliche Herausforderung für die Lehrkräfteausbildung ergibt.
Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, zielt das Projekt „DiKo-ViLe" darauf ab, ein Modul zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht für Lehramtstudierende in der Studieneingangsphase zu gestalten, welches eine grundlegende reflektierte Auseinandersetzung mit digitalen Medien in einen virtuellen Lernraum mit Praxisanteilen überführt. Den Studierenden ist es in diesem Zusammenhang bereits vor fachdidaktischen Modulen möglich, verschiedene digitale Tools zu erproben und erste Überlegungen zu deren Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht anzustellen.

Das Projekt „DiKo-ViLe"

Das Projekt „DiKo-ViLe" (Digitaler Kompetenzerwerb im virtuellen Lernraum) ist ein Verbundprojekt der Leuphana Universität Lüneburg und der Universität Bielefeld. Es wird durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Rahmen des Förderprogramms „Innovative Lehr- und Lernkonzepte: Innovation Plus" gefördert. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines virtuellen Selbstlernmoduls zum Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem verschiedene fachdidaktische Schwerpunkte fokussiert werden. Hierbei stehen die Förderung der Kompetenzen der Studierenden hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie der positiven Verhaltensabsichten zum Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht im Vordergrund.

Forschungsfragen

Aus dieser Zielsetzung ergeben sich die folgenden Forschungsfragen für die Evaluation des Selbstlernmoduls:

FF1. Welchen Einfluss hat die Bearbeitung des Selbstlernmoduls auf die Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartung und professionellen Kompetenzen in Anlehnung an das TPACK-Modell von Lehramtsstudierenden in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht?
FF2. Welche Unterschiede liegen hinsichtlich des Einflusses bei Lehramtsstudierenden verschiedener Semester und somit bei unterschiedlichen Vorerfahrungen vor?
FF3. Wie beurteilen die Teilnehmer*innen das Selbstlernmodul?

Das Selbstlernmodul

Das im Rahmen des Projekts entwickelte Selbstlernmodul besteht aus fünf Elementen: (1) systematisch medial aufbereitete Inputs zu digitalen Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Form von Mini-Docs (kleine, interaktive Text-, Audio- und Videoformate); (2) kollaborative Aufgabenstellungen, in denen sich die Studierenden mit Anwendungsszenarien von digitalen Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht auseinandersetzen; (3) regelmäßige Austauschtreffen im Open Exploration Space zur Erprobung fachspezifischer digitaler Medien, die nicht zu Hause verfügbar sind (z.B. digitale Messsensoren, Wärmebildkameras, VR-Brillen und interaktive Flipcharts); (4) integrierte, teilw. automatisierte Feedbacksysteme zur Erfassung der Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartung und Kompetenzentwicklung der Studierenden während der Bearbeitung des Moduls; (5) einem e-Portfolio, in dem die Studierenden ihre erstellten digitalen Produkte hosten und später weiter nutzen können. Zusätzlich werden zu Beginn und Abschluss des Moduls die Einstellungen, Selbstwirksamkeit sowie der Kompetenzerwerb der Studierenden zum Einsatz digitaler Medien erhoben und empirisch evaluiert.

Zielgruppe

Das Selbstlernmodul soll in der Studieneingangsphase (3. Fachsemester) verankert und von Studierenden der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Sachunterricht mit Bezugsfach Naturwissenschaften parallel zu den Fachveranstaltungen bearbeitet werden (s. Abb. 1).

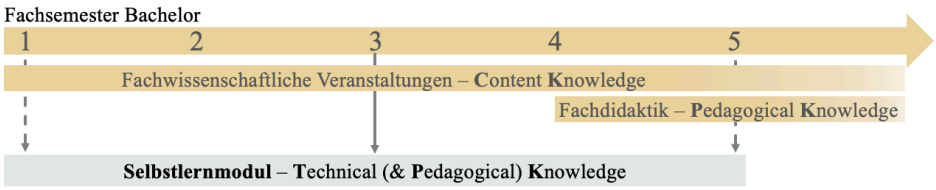


Abb. 1: Verortung des Selbstlernmoduls innerhalb des Studiums inkl. der jeweils adressierten Kompetenzen anlehnend an das TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006).

Hierbei soll es als Vorbereitung auf die ersten naturwissenschaftsdidaktischen Module (beginnend im 4. Semester) dienen. Für die Pilotierung des Selbstlernmoduls wird dieses jedoch auch für Studierende im 1. sowie im 5. Semester geöffnet, um auch die Positionierung des Moduls innerhalb des Bachelorstudiums evaluieren zu können.

Die Modulbausteine

Nach einem für alle Studierenden verpflichtenden Einführungsbaustein zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht wählen die Studierenden fünf von zehn weiteren asynchronen Modulbausteinen zur individuellen Vertiefung. Hierbei gibt es Modulbausteine

z. B. zu den Themen „Inklusion“, „Experimentieren“, „Fachsprache“ oder „KI und soziale Medien“. Fokus sämtlicher Modulbausteine ist das konkrete Erproben verschiedener digitaler Tools und die Reflexion über deren Einsatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Als Hilfestellung erhalten alle Studierenden Zugriff zu einer interaktiven Übersichtsgrafik, in der alle in den Modulbausteinen aufgeführten digitalen Tools aufgeführt sind und erläutert werden.

Open Exploration Spaces als Austauschtreffen

Neben den asynchronen Modulbausteinen besteht das Selbstlernmodul zudem aus sogenannten Open Exploration Spaces (OES), welche synchron vor Ort stattfinden. Diese OES dienen einerseits dem kollegialen Austausch sowie andererseits als Möglichkeit bestimmte Hardware, auf die die Studierenden ansonsten keinen Zugriff haben, kennenzulernen. In den OES werden sowohl Aufgaben aus verschiedenen Modulen bearbeitet als auch entsprechend der Bedarfe der Studierende weiterführende Aufgaben angeboten (z. B. Einsatz von digitalen Messwertsensoren). Darüber hinaus steht den Studierenden während der OES stets ein*e Dozierende*r für Rückfragen und Feedback zur Verfügung.

Evaluation des Selbstlernmoduls

Um eine Verstetigung des Selbstlernmoduls als OER zu ermöglichen, wird dieses anlehnend an die oben dargestellten Forschungsfragen evaluiert. Diese Evaluation findet in unterschiedlicher Weise statt:

Die Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartungen sowie die Entwicklung der professionellen Kompetenzen (in Anlehnung an das TPACK-Modell) der Studierenden bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht werden mithilfe eines Fragebogens im Prä-/Post-Design erhoben (FF1). Hierbei findet eine Selbsteinschätzung seitens der Studierenden statt. Als Messinstrument wird ein etablierter Fragebogen aus dem Projekt „FoLe-Digital“ (Stinken-Rösner, 2021a) zu Beginn und zum Abschluss des OER-Selbstlernmoduls von der Studierenden online bearbeitet, um potentielle Veränderungen in den drei genannten Bereichen quantitativ zu überprüfen.

Zusätzlich wird der Kompetenzzuwachs entlang der von den Studierenden erarbeiteten digitalen Produkte und Reflexionen qualitativ analysiert und nachvollzogen. Hierbei steht insbesondere die Qualität der von den Studierenden pilotierten Einsatzszenarien digitaler Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Fokus.

Die Ergebnisse der Analyse werden dann zusätzlich unter dem Gesichtspunkt der unterschiedlichen Semester der Studierenden gruppiert und vergleichend analysiert (FF2)

Ergänzend hierzu findet im Laufe des Semesters eine qualitative Evaluation des Selbstlernmoduls in Form eines Gruppenfeedbacks statt. Dieses wird im Rahmen des universitätsinternen Programms Shift! mit einer externen Moderatorin durchgeführt (FF3).

Ausblick

Nach erfolgreicher Pilotierung im Wintersemester 2023/24 und ggf. nötigen Überarbeitungen wird das virtuelle Selbstlernmodul als OER aufbereitet und im niedersächsischen OER-Portal Twillo zur Verfügung gestellt. Ziel hierbei ist es, dass die Inhalte des Selbstlernmoduls auch nach Abschluss des Projektes agile Produkte darstellen, die an zukünftige Ansprüche angepasst werden können.

Literatur

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? Journal of Education, 193(3), 13–19.

Kultusministerkonferenz. (2016). Bildung in der digitalen Welt Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weite Weiterbi.pdf [20.10.23]

Maaz, K., Artelt, C., Brugger, P., Buchholz, S., Kühne, S., Leerhoff, H., Rauschenbach, T., Rockmann, U., Roßbach, H.-G., Schrader, J., & Seeber, S. (2020). Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education, 108(6), 1017–1054.

Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J., & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2022.

Stinken-Rösner, L. (2021a). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: Integriert statt zusätzlich. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2021, 179-185.

Stinken-Rösner, L. (2021b). Implementation digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung. In C. Maurer, Fachliche Bildung und digitale Transformation. Fachdidaktische Forschung und Diskurse (S. 181–184).

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 115–129.

Gina Blick[1]
Sabrina Syskowski[1,2]
Philipp Möhrke[1]
Sören Kannegieser[3]
Johannes Huwer[1,2]
Christoph Thyssen[3]
Lars-Jochen Thoms[1,2]

[1]Universität Konstanz
[2]Pädagogische Hochschule Thurgau
[3]RPTU Kaiserslautern

Projekt digiSTAR – digital augmented Science Teaching and Research

Zusammenfassung. Das Projekt digiSTAR soll die digitale Lücke (*digital gap*) im Grundstudium überbrücken, die sich zwischen digitalisierten Schulen und digitalisierten Masterstudiengängen entwickelt, während Grundvorlesungen in den Naturwissenschaften oft noch auf traditionellere und weniger digitalisierte Weise gehalten werden. Lehr-Lern-Module werden als digitale Ressourcen bereitgestellt, die von Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer unter didaktischer und technischer Anleitung entwickelt werden. Dies gibt den Studierenden des Lehramts authentische Lernmöglichkeiten zur Gestaltung und Erprobung selbst entwickelter digitaler Lehr-Lern-Module. Die Ergebnisse eines ersten Design-Based-Research-Zyklus zeigen, dass Studierende der Chemie Schwierigkeiten haben, die physikalischen Grundlagen der Quantenchemie zu verstehen. Dieser Herausforderung soll durch innovative digitaler Module entgegengewirkt werden.

Einleitung. Die COVID-19 Pandemie hat Defizite in der Digitalisierung in verschiedenen Lebensbereichen, insbesondere in Schulen, Hochschulen und im Berufsleben, aufgezeigt. Wo die fortschreitende Digitalisierung zuvor häufig abgelehnt oder nur zögerlich integriert wurde, sahen sich Bildungseinrichtungen und Unternehmen während der Pandemie gezwungen, schnell auf digitale Lehr- und Arbeitsmethoden umzustellen, um den veränderten Bedingungen gerecht zu werden (Cone et al., 2022; Zancajo et al., 2022). Die Pandemie kann somit als Motor der Digitalisierung betrachtet werden. Der schnelle Übergang zum digitalen Lehren und Lernen in Bildungseinrichtungen erfolgte, obwohl digitale Ressourcen und Fähigkeiten in vielen Fällen nur unzureichend vorhanden waren (Carillo & Flores, 2020). Lehrende wie Lernenden, waren gezwungen, ihre eigenen Wissenslücken im Bereich digitaler Bildung und digitalen Lernens zu schließen (Fernández-Batanero et al., 2022; Henne et al., 2023).
Post-pandemisch zeigt sich, dass in Bezug auf Hochschulen nach wie vor digitale Defizite bestehen. Diese Defizite betreffen sowohl die verwendeten digitalen Lehrmethoden und die verfügbare digitale Hardware als auch digitale Kompetenzen. Obwohl Studierende aus digitalisierten Schulen an die Hochschulen kommen und nach ihrem Studium in digitalisierten Arbeits- und Forschungsumgebungen tätig sein werden (Thyssen et al., 2020), besteht eine digitale Lücke in den naturwissenschaftlichen Grundvorlesungen an Hochschulen. In diesen ersten Semestern der naturwissenschaftlichen Hochschullehre werden digitale Kompetenzen wenig gefördert, und digitale Werkzeuge finden nur begrenzte Anwendung. Dies betrifft sowohl Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer als auch Fachstudierende gleichermaßen. Lehramtsstudierende kehren nach ihrem Studium an digitalisierte Schulen zurück, während Fachstudierende in digitalisierten (akademischen) Forschungseinrichtungen arbeiten werden. Beide Gruppen sind in Bezug auf digitale Bildung und Vorbereitung auf den Masterabschluss sowie ihre zukünftigen Karrieren unzureichend ausgestattet.

Eine umfassende digitale Vorbereitung aller naturwissenschaftlichen Studierenden erfordert einen kontinuierlichen und nachhaltigen Ausbildungsprozess. Zur Schließung dieser digitalen Lücke wurde das Projekt digiSTAR ins Leben gerufen, das die digitalen Kompetenzen nach DiKoLAN als theoretische Grundlage nutzt. Es handelt sich um eine kollaborative Initiative zwischen Biologie- (RPTU) und der Physik- sowie Chemiedidaktik (UKN). Das Projekt verfolgt vier Leitmotive, die im Rahmen seiner Umsetzung erreicht werden sollen. Erstens sollen didaktisch fundierte Lehr-Lern-Module für Studierende in den naturwissenschaftlichen Grundvorlesungen der ersten beiden Semester bereitgestellt werden. Zweitens sollen Dozierende und Lehrpersonen didaktisch fundierte digitale Lehr- und Lernmittel zur Verfügung gestellt werden, wobei sie durch die Projektgruppe bei der Entwicklung und Anwendung dieser Materialien unterstützt werden. Das dritte Ziel ist die digitale Professionalisierung der Studierenden im Master of Education für naturwissenschaftliche Lehramtsstudiengänge, um ihre digitalen Kompetenzen zu stärken, damit sie eigenständig hochwertige digitale Lehrmittel entwickeln und einsetzen können. Schließlich soll die Zusammenarbeit zwischen den beiden Hochschulen, UKN und RPTU, dazu beitragen, die übergreifende Qualität der Lehre für Studierende in ihren jeweiligen Einrichtungen zu verbessern und langfristig zu sichern.

Grundlagen, Vernetzung und Ablauf des Projekts. Das Rahmenkonzept für digiSTAR ist DiKoLAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften, Becker et al., 2020). DiKoLAN definiert sieben digitale Kompetenzbereiche, die von angehenden naturwissenschaftlichen Lehrkräften mit Abschluss des Studiums beherrscht werden sollen. Diese Schlüsselkompetenzbereiche umfassen Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration, Recherche und Bewertung, Messwert- und Datenerfassung, Datenverarbeitung, sowie Simulation und Modellierung. Jeder dieser Bereiche beinhaltet detaillierte Feinlernziele. Das Projekt digiSTAR soll diese digitalen Grundkompetenzen fördern, um eine umfassende digitale Bildung für Lehramtsstudierende in naturwissenschaftlichen Fächern zu ermöglichen. Die Vermittlung dieser digitalen Grundkompetenzen ist bereits in das Curriculum der Lehramtsstudiengänge naturwissenschaftlicher Fächer an der UKN integriert. Dies erfolgt im Rahmen des Seminars „Fachdidaktik III“ (Henne et al., 2022, Müller et al., 2022). In diesem Kurs erwerben die Studierenden des Masters of Education diese digitalen Grundkompetenzen, reflektieren ihre eigenen Fähigkeiten und erhalten mit dem Projekt digiSTAR die Gelegenheit, ihre erworbenen Kompetenzen praktisch anzuwenden. Dabei erhalten sie Feedback zu ihren digitalen Produkten. Dieser Ansatz soll sie auf ihre zukünftige Tätigkeit im Bildungsbereich in digitaler Hinsicht vorbereiten.

Zu Beginn des Projekts (Wintersemester 2022/2023) wurden bisher bestehende pädagogische und didaktische Praktiken mit einer Umfrage ermittelt. Diese Umfrage wurde im Erstsemesterkurs „Anorganische und Allgemeine Chemie“ an der UKN durchgeführt, welcher für Lehramtsstudierende und Fachstudierende verpflichtend ist. Die gleiche Umfrage wurde in einem Grundlagen-Biologiekurs an der RPTU durchgeführt. Die Umfragen ermöglichten, die digitalen Bedürfnisse, gewünschte Anwendungsbereiche, Themen für digitale Anwendungen und bestehende Defizite zu identifizieren. Die identifizierten Themen, für welche Studierenden der genannten Kurse digitale Unterstützung benötigen, wurden priorisiert und dienen als Grundlage für die Erstellung digitaler Lehr-Lern-Module. Die Erstellung dieser Module erfolgte im Rahmen des Seminars „Fachdidaktik III“. Die Projektgruppe entwickelte hierfür Richtlinien, welche auf Basis aktueller fachdidaktischer Forschung (z. B. Girwidz & Kohnle, 2021; Krug et al., 2023; Thoms et al., 2022) und der *Kognitiven Theorie des Multimedialernens* (Mayer, 2014) erarbeitet wurden.

In der zweiten Phase (Sommersemester 2023) ist der erste Design-Based-Research-Zyklus durchgeführt worden. Studierende des naturwissenschaftlichen Lehramts, welche das Seminar „Fachdidaktik III“ besuchten, entwickelten Lehr-Lern-Module für die Grundlagenvorlesung. Diese Module werden anschließend in eben diese Grundlagenvorlesungen integriert, sodass die Studierenden eine Rückmeldung zur Qualität und Wirksamkeit ihres Materials erhalten. Während des nun folgenden Winter- und Sommersemesters (Wintersemester 2023/2024 und Sommersemester 2024) werden ein zweiter und ein dritter Design-Based-Research-Zyklus durchgeführt und die Ergebnisse und Einbindung dieser ausgewertet.
In der Projekt Nachbereitung (Wintersemester 2024/2025) werden der Ablauf, die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Design-Based-Research-Zyklus nachträglich umfassend evaluiert.
Parallel zu den dargelegten Prozessen des Projekts wird die Projektgruppe in regelmäßigen Abständen die Bedürfnisse der Studierenden der Grundlagenvorlesungen erfragen und beurteilen, während eine kontinuierliche kollaborative Zusammenarbeit zwischen UKN und RPTU gestärkt wird, um das vierte Leitmotiv des Projekts zu erfüllen.

Erste beispielhafte Ergebnisse. Befragungen von Dozierenden und Studierenden der Grundlagenvorlesung im Wintersemester 2022/2023 ergaben, dass Studierende insbesondere im Bereich der Molekül-Orbital-Theorie (speziell zur LCAO-Methode, lineare Kombination von Atomorbitalen, von engl. *linear combination of atomic orbitals*) einen Bedarf an digitaler Unterstützung zur Verbesserung ihres Verständnisses haben. Dieses Thema wurde den Studierenden von „Fachdidaktik III“ zur Entwicklung von Lehr-Lernmodulen vorgegeben, wobei sie digitales Material und Werkzeuge wie Augmented Reality, Simulationen und Modellierungssoftware verwenden und die Nutzung ihrer Module auf mobilen Endgeräten ermöglichen sollten. Die notwendigen Kompetenzen für diese Entwicklungen wurden zuvor im Seminar aufgebaut. Diese praktische Übung stellt einen wichtigen Bezug für die angehenden Lehrkräfte dar und erweitert den digitalen Ressourcenpool für Studierende im ersten Semester.
Eine Gruppe von Seminarteilnehmenden entwickelte ein Lehr-Lernmodul zum Thema „Superpositionsprinzip“. Das Lehr-Lern-Modul macht Interferenzphänomene multimodal erfahrbar. Zwei Smartphones dienen als Sender eines Tons konstanter und gleicher Frequenz. Mithilfe der App GeoGebra AR 3D wurde das Interferenzmuster des Klangs berechnet und durch eine virtuelle Überlagerung visualisiert. Auf diese Weise konnten die Studierenden durch den Raum gehen, die Lautstärkeschwankungen hören und mit dem visualisierten Interferenzmuster vergleichen.

Diskussion und Ausblick. Das angestrebte Ziel des digiSTAR-Projekts ist eine Sammlung von Lehr-Lern-Modulen, die die Themen der Grundvorlesungen in naturwissenschaftlichen Fächern detaillierter und digital unterstützt behandeln. Nach Abschluss des Entwicklungsprojektes werden digitale Materialien sowohl für Dozierende wie auch für Studierende zur Verfügung gestellt. Diese Ressourcen sollen auch anderen Hochschulen frei zugänglich gemacht werden, um die digitale Kluft flächendeckend zu überbrücken.

Danksagung. Das Projekt „digital augmented Science Teaching and Research - digiSTAR“, wird von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre (STiL) im Rahmen des Programms Freiraum 2022 (FRFMM-129-2022) finanziert. Wir sind außerordentlich dankbar für die umfassende Unterstützung unseres Projekts. Darüber hinaus möchten wir den beteiligten Studierenden danken, insbesondere den Entwicklern der AR-Anwendung – Paul Fieseler und Samuel Henle –, die in diesem Artikel beispielhaft präsentiert wird.

Literatur

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Messinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/JHS_Digitale_Basiskompetenzen_web_srgb.pdf

Carrillo, C., & Flores, M. A. (2020). COVID-19 and teacher education: A literature review of online teaching and learning practices. *European Journal of Teacher Education*, *43*(4), 466–487. https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1821184

Cone, L., Brøgger, K., Berghmans, M., Decuypere, M., Förschler, A., Grimaldi, E., Hartong, S., Hillman, T., Ideland, M., Landri, P., Van De Oudeweetering, K., Player-Koro, C., Bergviken Rensfeldt, A., Rönnberg, L., Taglietti, D., & Vanermen, L. (2022). Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal*, *21*(5), 845–868. https://doi.org/10.1177/14749041211041793

Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2022). Digital competences for teacher professional development. Systematic review. *European Journal of Teacher Education*, *45*(4), 513–531. https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827389

Girwidz, R., & Kohnle, A. (2021). Multimedia and Digital Media in Physics Instruction. In H. E. Fischer & R. Girwidz (Hrsg.), *Physics Education* (S. 297–336). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_11

Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom—Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, *13*(10), 1016. https://doi.org/10.3390/educsci13101016

Henne, A., Möhrke, P., Huwer, J., & Thoms, L.-J. (2023). Learning Science at University in Times of COVID-19 Crises from the Perspective of Lecturers—An Interview Study. *Education Sciences*, *13*(3), 319. https://doi.org/10.3390/educsci13030319

Henne, A., Möhrke, P., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2022). Implementing Digital Competencies in University Science Education Seminars Following the DiKoLAN Framework. *Education Sciences, 12*(5), 356. https://doi.org/10.3390/educsci12050356

Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369

Müller, L., Thoms, L.-J., Möhrke, P., Henne, A., & Huwer, J. (2022). Testing new concepts in university teacher training for the acquisition of digital competencies according to DiKoLAN – development and investigation of the effectiveness of a teaching-learning module in the field of simulation and modelling. *CHEMKON, 29(*S1), 349–354. https://doi.org/10.1002/ckon.202200022

Thoms, L.-J., Hoyer, C., & Girwidz, R. (2022). A Teacher Training Course on Using Digital Media for Acquisition, Visualization and 3D Printing of Complex Data and for Fostering Pupils' Experimental Skills. In J. Borg Marks, P. Galea, S. Gatt, & D. Sands (Hrsg.), *Physics Teacher Education* (S. 75–90). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06193-6_6

Thyssen, C., Thoms, L.-J., Kremser, E., Finger, A., Huwer, J., & Becker, S. (2020). Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung unter besonderer Berücksichtigung der Naturwissenschaften. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl, & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 77–98). Universitätsverlag Rhein-Ruhr.

Zancajo, A., Verger, A., & Bolea, P. (2022). Digitalization and beyond: The effects of Covid-19 on post-pandemic educational policy and delivery in Europe. *Policy and Society*, *41*(1), 111–128. https://doi.org/10.1093/polsoc/puab016

Bianka Wartig[1]
Lisa Stinken-Rösner[1]

[1]Universität Bielefeld

Level up! - Digital Gamification im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Ausgangslage

Nach wie vor hängt der Schul- und Bildungserfolg von Schüler*innen vom Einkommen der Eltern ab (Wößmann et al., 2023). Schüler*innen, die einen sozioökonomisch schwachen Hintergrund haben, weisen nicht nur geringere schulische Kompetenzen auf, sondern werden zusätzlich benachteiligt; sie erhalten bei gleichen Leistungen wie ihre Peers, die aus sozial stärken Schichten stammen, schlechtere Noten und seltener eine Empfehlung für das Gymnasium (Maaz et al., 2011). Das Ungleichgewicht ist besonders in den MINT-Fächern stark: Kinder, die aus sozioökonomisch schwachen Milieus stammen, weisen in den MINT-Bezugsfächern am Ende der vierten Klasse einen Lernrückstand von bis zu eineinhalb Jahren gegenüber ihren Mitschüler*innen auf (Schwippert et al., 2020). Die Ungleichheiten werden durch die Bildungsaspirationen des sozialen Umfelds verstärkt: In sozioökonomisch schwachen Milieus fehlt es häufig an (im-)materiellen Ressourcen, um Lernanstrengungen, Talente, Neigungen sowie Motivation zu fördern. Letzteres ist dabei besonders bedeutsam für das Lernen (Solga & Dombrowski, 2009).

Partizipation durch digitale Medien

Der Anspruch der KMK, eine „Schule der Vielfalt“ zu gestalten, in der neben fachlichen Kompetenzen auch „Kompetenzen der digitalen Welt“ erworben werden sollen (KMK, 2015, 2016), kann nur gelingen, wenn alle Lernenden am Fachunterricht partizipieren können. Dieses Vorhaben ist besonders für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine große Herausforderung, da dieser sich u. a. durch spezielle Denk- und Arbeitsweisen auszeichnet (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Das Aneignen und Anwenden von naturwissenschaftlichen Methoden sowie das Ableiten von Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen sind Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, die bereits Grundschüler*innen erwerben sollen (GDSU, 2013). Um einen inklusiven naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht zu gestalten, müssen daher potenzielle fachimmanente Barrieren identifiziert und minimiert werden. Dieser Prozess kann durch den Einsatz des *NinU-Schemas* unterstützt werden. Das durch Mitglieder des **N**etzwerks **i**nklusiver **n**aturwissenschaftlicher **U**nterricht (NinU) entwickelte Schema verknüpft die Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichtes mit denen der inklusiven Pädagogik (Stinken-Rösner et al., 2020). Das Schema wurde kürzlich um den Aspekt der digitalen Medien ergänzt: Dieser Zusatz verdeutlicht, dass digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht dazu beitragen, „neue Zugänge und Partizipationschancen für alle Lernenden“ zu schaffen (Abels & Stinken-Rösner, 2022). Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht kann u. a. Schüler*innen mit einem schwachen sozioökonomischen Status zu Gute kommen, da Medien – richtig eingesetzt – die drei Grundbedürfnisse der Motivation, Autonomieerfahrung, soziale Eingebundenheit und Kompetenzerleben (Deci & Ryan, 1993), erfüllen (Scharpf & Gabes, 2022). Diese bleiben bei dieser Schüler*innengruppe häufig unbefriedigt (Solga & Dombrowski, 2009).

Projekt- und Forschungsdesign

Eine Möglichkeit, Partizipation durch digitale Medien im Unterricht zu fördern, ist *Digital Gamification.* Dies beschreibt die Anwendung von Spieleelementen in spielfremden Kontexten (Deterding et al., 2011). Trotz positiver Effekte auf Motivation und Lernleistung von Grundschüler*innen wird *Digital Gamification* bisher selten genutzt (acatech & Joachim Herz Stiftung, 2023). Insbesondere eine Übertragung in den naturwissenschaftlichen Sachunterricht steht noch aus. Aus diesem Desiderat leitet sich folgende Forschungsfrage ab: Welche Auswirkungen hat der Einsatz von *Digital Gamification* im naturwissenschaftlichen Sachunterricht auf die Motivation und den Fachwissenserwerb von Schüler*innen mit unterschiedlichen sozioökonomischen Hintergründen?

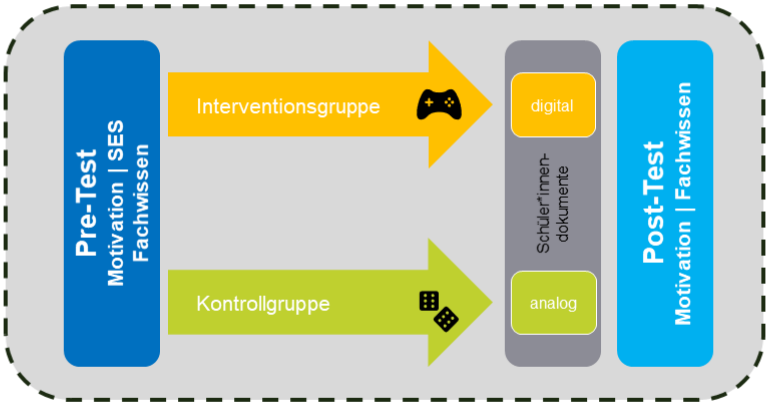


Abb. 1 Ablauf des Forschungsvorhabens

Zur Beantwortung dieser Frage ist die Durchführung einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Pre-, Post-Design geplant (Abb. 1). Im Pre-Test wird die Motivation, der sozioökonomische Status sowie das Fachwissen zu einem für die Grundschule relevanten physikalischen Thema erhoben. Die Stichprobe setzt sich zusammen aus Viertklässler*innen von verschiedenen Grundschulen mit jeweils einer Interventions- (IG) und einer Kontrollgruppe (KG).

Die Interventionsgruppe bearbeitet Lernmaterialien, die durch *Digital Gamification*-Elemente erweitert werden. Die Aufgaben werden dabei in eine *Quest* eingebettet. Eine *Quest* bietet den Schüler*innen die Möglichkeit, eigenständig die Reihenfolge der Aufgaben zu wählen. Das individuelle Wählen kann die Selbstständigkeit der Schüler*innen fördern (Schedler, 2020). Die Quest wird in eine *Story* eingebunden. Diese kann dabei helfen, Wissen zu vermitteln und das Lernen unterstützen (Kim et al., 2018). Außerdem kann ein Fortführen der *Story* an das Erledigen weiterer Aufgaben gekoppelt sein und sich so ebenfalls motivierend auf die Lernenden auswirken (Schedler, 2020). Weitere Elemente sind *Badges* (Abzeichen) sowie Fortschrittsanzeigen. *Badges* haben den Vorteil, dass sie nicht nur das Abschließen von Tätigkeiten honorieren, sondern, dass sie eine Zielsetzungsfunktion innehaben (Sailer, 2016). Darüber können bspw. Aufgabenstellungen kommuniziert werden, da der Erhalt eines bestimmten Badges an der Erfüllung gewisser Aufgaben hängt. Fortschrittsanzeigen haben den Vorzug, dass durch sie auch leistungsschwächere Schüler*innen motiviert werden können. Das liegt u. a. daran, dass Fortschrittsanzeigen sich an der individuellen Bezugsnorm orientieren und Schüler*innen auch bei geringem Leistungszuwachs eine positive Rückmeldung erhalten (Sailer, 2016).

Die Kontrollgruppe erarbeitet die gleichen fachlichen Inhalte mittels Stationenarbeit. Diese wird durch analoge *Gamification*-Elemente gestützt. Für eine möglichst große Vergleichbarkeit werden die Aufgabenstellungen beider Gruppen identisch gestaltet.
Im anschließenden Post-Test werden erneut die Motivation sowie das Fachwissen bzw. der Fachwissenszuwachs erhoben und analysiert. Die bearbeiteten Aufgaben der Lernenden, die (abhängig von der Gruppe) digital und analog zu Verfügung stehen, dienen der vertiefenden Analyse.

Ausblick

Nach Abschluss der Konzeptionsphase ist die Datenerhebung für Ende 2024 angesetzt. Aktuell steht zur Diskussion, ob das Forschungsvorhaben um eine dritte Gruppe gleicher Größe ergänzt werden sollte, wobei die Teilnehmenden der dritten Gruppe dieselben fachlichen Inhalte ohne *(Digital) Gamification*-Elemente lernen. Diese Ergänzung kann dazu dienen, festzustellen, welche Wirkung *Gamification*-Elemente selbst auf den Erwerb von Fachwissen und die Motivation der Lernenden haben und welchen Einfluss die zusätzliche digitale Umsetzung jener spielt. Eine detaillierte Veröffentlichung der im Projekt genutzten Instrumente und Materialien sowie der resultierenden Erkenntnisse ist in naher Zukunft zu erwarten.

Literatur

Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2022). „Diklusion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E.M. Watts & C. Hoffmann (Eds.), Digitale NAWIgation von Inklusion. Wiesbaden: Springer, 5–20.

acatech & Joachim Herz Stiftung (Eds.) (2023). MINT Nachwuchsbarometer 2023. https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2023/

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), 223–238.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining „gamification“. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. New York: Association for Computing Machinery, 9–15.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Ed.) (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Kim, S., Song, K., Lockee, B. & Burton, J. (2018). Gamification in Learning and Education: Enjoy Learning Like Gaming. Wiesbaden: Springer.

Kultusministerkonferenz (2015). Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf

Kultusministerkonferenz (2016). Bildung in der digitalen Welt Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf

Maaz, K., Baeriswyl, F., & Trautwein, U. (2011). Herkunft zensiert! Leistungsdiagnostik und soziale Ungleichheiten in der Schule. Düsseldorf: Vodafone Stiftung Deutschland.

Sailer, M. (2016). Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Scharpf, S. & Gabes, D. (2022). Motivation und digitale Medien am Beispiel des Sachunterrichts. In M. Haider & D. Schmeinck (Eds.), Digitalisierung in der Grundschule: Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fach Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 85–97.

Schedler, M. (2020). Mit Gamification spielend die Schulen verändern: Gamification als Zaubermittel für motivierendes Lernen? F&E Edition, 26, 25–37.

Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M. & Wendt, H. (Eds.) (2020). TIMSS 2019: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster & New York: Waxmann Verlag.

Solga, H. & Dombrowski, R. (2009). Soziale Ungleichheiten in schulischer und außerschulischer Bildung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. Sonderpädagogische Förderung heute, Beiheft 1, 161–175.

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, 3, 30–45.

Wößmann, L., Schoner, F., Freundl, V. & Pfaehler, F. (2023). Der ifo-„Ein Herz für Kinder"- Chancenmonitor Wie (un-)gerecht sind die Bildungschancen von Kindern aus verschiedenen Familien in Deutschland verteilt? ifo Schnelldienst, 76 (4), 33–47.

Thomas Wilhelm[1] [1]Universität Frankfurt

Ein Lehrbuch zum digitalen Physikunterricht

Da der Alltag von Schüler*innen von digitalen Medien geprägt ist und sie digitale Kompetenzen erwerben sollen, wird deren Einsatz auch im Physikunterricht gefordert. Digitale Medien ermöglichen aber im Physikunterricht als Werkzeuge auch viele neue Möglichkeiten, wie z.B. die schnellere Durchführung bestehender Tätigkeiten, neue methodische Möglichkeiten, neue Veranschaulichungen und neue Elementarisierungen. Will man außerdem zeigen, wie moderne Physik heute aussieht, kommt man nicht um digitale Medien herum.

Frühere Studien zu digitalen Medien im Physikunterricht

Gröber und Wilhelm (2006) haben im Jahr 2004 eine Vollerhebung an allen Gymnasien in Rheinland-Pfalz zur digitalen medialen Arbeitsplatzausstattung und zur Physikmediennutzung der Physiklehrkräfte an Gymnasien durchgeführt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass Physiklehrkräfte hohes Interesse an und hohe Kompetenzen bei digitalen Medien haben, aber manche Anwendungen wenig verwendet werden. Das wird so gedeutet, dass fachdidaktisch bedeutsame Entwicklungen erst mit einer erheblichen Verzögerungszeit und auch nur zum Teil die Schule erreichen.

Pietzner (2009) kommt in einer Studie unter Naturwissenschaftslehrkräften in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen zu dem Ergebnis, dass 40 Prozent der Probanden als Nutzer und 60 Prozent als Meider bezeichnet werden können. Bei den letzten wurde eine Computerängstlichkeit als ein bedeutender Faktor festgestellt, was spezielle Fortbildungen für Lehrkräfte sinnvoll erscheinen lässt.

Wilhelm und Trefzger (2010) haben im Jahr 2009 an den Gymnasien von Unterfranken (in Bayern) den Computereinsatz im Physikunterricht erfragt. Dabei zeigt sich, dass regionale Lehrerfortbildungen eine große Rolle spielen, ob und welche Software im Physikunterricht eingesetzt wird.

Wenzel (2018) kommt in seiner Dissertation zu dem Ergebnis, dass Physiklehrkräfte an Gymnasien digitale Medien mittlerweile häufiger im Unterricht einsetzen als in den früheren Studien. Neue Medien sind demnach zwar ein weitgehend fester Bestandteil des Physikunterrichts, aber die Vielfalt der Mediennutzung ist nicht sehr ausgeprägt. Deshalb wird die Notwendigkeit von Fortbildungen betont. Außerdem wird festgestellt, dass der Wunsch nach Fortbildungen zu digitalen Medien bei den Lehrkräften vorhanden ist.

BITKOM-Studien zum Einsatz digitaler Medien

Die BITKOM-Lehrerstudie von 2011 (BITKOM e.V., 2011) zeigt, dass eine große Mehrheit aller Lehrkräfte eine positive Einstellung zu digitalen Medien hat (85 %) und einen großen Nutzen in deren Einsatz sieht. 90 % meinen jedoch, dass die Qualifizierungsangebote für Lehrkräfte ausgebaut werden müssen, und 84 % geben an, dass das Lehramtsstudium besser auf den Einsatz digitaler Medien vorbereiten muss.

Die BITKOM-Studie von 2014 (BITKOM e.V., 2015) zeigt ebenfalls, dass eine große Mehrheit der Lehrkräfte digitalen Medien positiv gegenübersteht (95 %), aber das Potenzial digitaler Medien längst nicht ausgeschöpft wird. Auch hier geben 86 % an, dass mehr in die Lehrerweiterbildung zu digitalen Medien investiert werden sollte.

Die BITKOM-Studie von 2019 (Rohleder, 2019) kommt zu dem Schluss, dass digitale Medien noch nicht im Schulalltag angekommen sind. 54 % der Lehrkräfte geben hier an, dass sie gerne häufiger digitale Medien einsetzen würden. Neben technischem Mangel werden auch fehlende pädagogische Konzepte und unzureichende Technik-Kenntnisse bei den Lehrkräften angegeben. So wünschen sich 85 % eine Weiterbildung zu digitalen Medien. Eine detailliertere Befragung ergab, dass 87 % für einen Ausbau vorhandener Weiterbildungsangebote sind, 78 % fordern, dass regelmäßige Fortbildungen zu digitalen Medien verpflichtend sein sollen, und 74 % geben an, dass das Lehramtsstudium besser auf den Einsatz digitaler Medien im Unterreicht vorbereiten muss.

Bedarf für ein Lehrbuch

Digitale Medien sind also als Werkzeuge im Physikunterricht nicht mehr wegzudenken. Dennoch sind viele Einsatzmöglichkeiten und deren Potenziale noch wenig bekannt. Die Bildung zu digitalen Medien hat bisher weder in der Lehrkräfteausbildung noch in der Lehrkräftefortbildung den Stand, den sich die Lehrkräfte wünschen und wie er nötig erscheint. Auch die Physikdidaktik hat hier einiges versäumt. Die ständige Weiterentwicklung der digitalen Möglichkeiten macht daraus auch eine große und fortdauernde Herausforderung.
Umso überraschender ist es, dass es für die Lehre und die Weiterbildung bisher kein Lehrbuch gab. Sowohl wissenschaftliche Artikel als auch Artikel in Lehrkräftezeitschriften gehen stets nur auf einzelne neue Aspekte ein. Nötig ist dagegen, den aktuellen Stand darzustellen und einen Überblick über die aktuellen Möglichkeiten zu geben.

Ein neues Lehrbuch zu digitalem Physikunterricht

Aus diesem Grunde haben 22 Autor*innen zusammen das Lehrbuch „Digital Physik unterrichten. Grundlagen, Impulse, Perspektiven“ (Wilhelm, 2023) erstellt (siehe Abb. 1), das nun als gedrucktes Buch und als PDF vorliegt. Das Lehrbuch richtet sich insbesondere an Lehramtsstudierende, Referendar*innen und Lehrkräfte im Fach Physik sowie an Aus- und Fortbildner*innen.
Das Buch stellt physikspezifische Tools zu den großen fachspezifischen Bereichen „Messen“ und „Simulieren“ sowie zu E-Learning-Plattformen, Schülerfeedbacksysteme und Erklärvideos vor. Abbildung 2 zeigt detaillierter, welche Themen bzw. Werkzeuge von welchen Autoren vorgestellt werden und wie das Buch gegliedert ist.
Zu jedem Bereich werden systematisch Grundlagen aufgezeigt und praxisorientiert vorgestellt, wie man das einsetzen kann. Dabei wird u.a. darauf eingegangen, was die Grundideen, was die technischen Funktionsprinzipien und was die physikdidaktischen

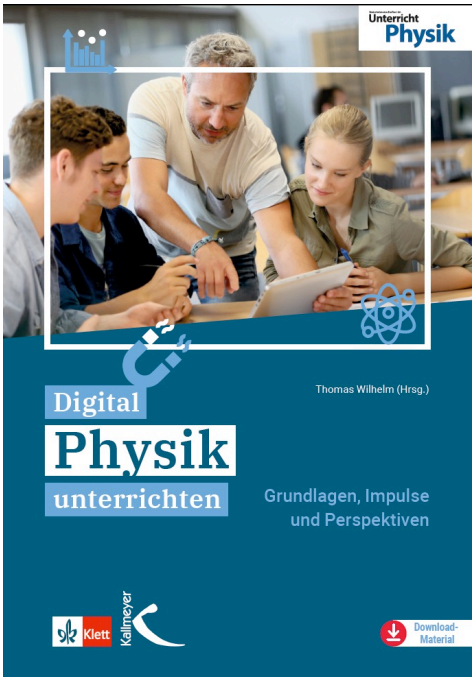


Abb. 1: Ein Lehrbuch zum digitalen Physikunterricht

Ideen sind. Außerdem wird dargestellt, welche Vorteile man sich verspricht, welche Ziele auf welche Weise verfolgt werden können und auf was man im Unterricht achten muss. In diesem Kontext wird auch jeweils kurz auf die historische Entwicklung der digitalen Werkzeuge eingegangen.
Lehrkräfte erhalten so differenzierte Impulse für ihren Physikunterricht, indem sie sehen, was heute möglich ist, welche Varianten es gibt, welche Computerprogramme auf dem Markt sind und wo man Materialien, Software oder Literatur findet. Damit die vielen Links, die in dem Buch angegeben werden, nicht abgetippt werden müssen, werden diese zusätzlich online zur Verfügung gestellt.

1. Theoretische Einordnung
Thomas Wilhelm

2. Messen
2.1 Messwerterfassung
Stephan Lück, Thomas Wilhelm
2.2 Videoanalyse von Bewegungen
Alexander Gößling, Sebastian Becker, Jochen Kuhn, Thomas Wilhelm
2.3 Interaktive Bildschirmexperimente
Jürgen Kirstein, Volkhard Nordmeier
2.4 3D-Druck
Fabian Bernstein, Oliver Keller

3. Simulieren
3.1 Simulationen
Daniel Laumann, Christoph Hoyer
3.2 Virtuelle Welten
Stephan Balk, Thomas Wilhelm
3.3 Mathematische Modellbildung
Jannis Weber, Thomas Wilhelm
3.4 Virtual Reality & Augmented Reality
Albert Teichrew

4. Präsentieren und Austauschen
4.1 Lernplattformen
Markus Elsholz, Sebastian Haase, Jürgen Kirstein
4.2 Schüler-Feedback-Systeme
Thomas Sean Weatherby, René Wenzel, David Obst
4.3 Erklärvideos
Christoph Kulgemeyer, Fabian Sterzing, Madeleine Hörnlein

Abb. 2: Die Kapitel des Buches mit den jeweiligen Autoren

Literatur

BITKOM e.V. (2011). Schule 2.0 – Eine repräsentative Untersuchung zum Einsatz elektronischer Medien an Schulen aus Lehrersicht, https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/BITKOM-Publikation-Schule-20.pdf

BITKOM e.V. (2015). Digitale Schule – vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht, https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf

Gröber, S., Wilhelm, T. (2006). Empirische Erhebung zum Einsatz neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern in Rheinland-Pfalz: Arbeitsplatzausstattung und Mediennutzung. In V. Nordmeier (Hrsg.), Didaktik der Physik - Kassel 2006: CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Berlin: Lehmanns Media, http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/multimedia.pdf

Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht - Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften, In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Band 15, S. 47–67, https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/15_Pietzner.pdf

Rohleder, B. (2019). Smart School – Auf dem Weg zur digitalen Schule, https://www.bitkom.org/sites/main/files/2019-03/Pr%C3%A4sentation%20Bitkom-PK%20Bildungskonferenz%2012.03.2019_final.pdf

Wenzel, M. (2018). Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 251, Berlin: Logos-Verlag

Wilhelm, T. (Hrsg.) (2023). Digital Physik unterrichten. Grundlagen, Impulse, Perspektiven, Hannover: Klett Kallmeyer, https://www.friedrich-verlag.de/shop/digital-physik-unterrichten-31700

Wilhelm, T., Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Berlin: FU Berlin, http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Computereinsatz.pdf

Florian Trauten[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Interaktive E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback in der Allgemeinen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Gruppe der Erstsemesterstudierenden im Fach Chemie zeichnet sich durch ein hohes Maß an Heterogenität im Vorwissen aus, nicht zuletzt bedingt durch die Chemie-Kurswahl in der Oberstufe (Averbeck, 2020). Das Modul „Allgemeine Chemie" wiederholt im ersten Semester wesentliche Grundlagen der Chemie und versucht so ein Fundament für weiterführende Disziplinen der Chemie zu festigen. Es zeigt sich aber, dass auch im 2. Semester das schulische Vorwissen noch maßgeblich die Ausprägung chemiebezogener Fähigkeiten beeinflusst und vorhersagen kann (Averbeck, 2020). Somit gelingt es bestehenden Hochschullernangeboten nicht, Vorwissensdefizite effektiv abzubauen. Fachliche Defizite sollten aber bereits in der frühen Studieneingangsphase aufgearbeitet werden, da sich andernfalls das Risiko für Studienabbruch deutlich erhöht (Heublein et al., 2017), was sich an der Abbruchquote in Chemiestudiengängen von aktuell 52 % niederschlägt (Heublein et al., 2022).

Diese Performance-Problematik ist mit zwei weiteren Problembereichen verzahnt. Zum einen wurden über zwölf Jahre lang im institutionellen Kontext der Schule Verhaltensmuster erworben und gefestigt, die sich so direkt nicht auf den Hochschulkontext anwenden lassen. Feedback muss z. B. nun aktiv eingefordert werden (Heublein, 2017; Rost, 2018). Es ist zudem von einem potentiellen Mangel an Feedbackgelegenheiten auszugehen, da aufgrund der erst anlaufenden Sozialisationsprozesse in die akademische Gesellschaft (Trautwein & Bosse, 2017) soziale Strukturen zu Peers und Hochschullehrenden durch einen aktiven Integrationsprozess zunächst erarbeitet werden müssen (Tinto, 1988) und somit in der Studieneingangsphase nicht in Gänze zur Verfügung stehen. Zum zweiten ist die Aufarbeitung des Oberstufenstoffs in der Chemie sehr zeitintensiv und umfangreich. Studierende benötigen dazu gerade zu Beginn des Studiums eine sichere Quelle für qualitativ hochwertiges Feedback (Heublein, 2017; Sarcletti & Müller, 2011) z. B. in Form von formativen Assessments – um sich besser selbst einschätzen zu können – oder elaboriertem Feedback, das fehlendes Wissen bereitstellt. Der potentielle Mangel an Feedbackgelegenheiten, von dem auszugehen ist (Feedback-Problematik), resultiert in einer Mehrarbeitsproblematik. Denn all das, was nicht in Interaktion mit Lehrenden und Peers erarbeitet werden kann, obliegt dem Individuum selbst. Damit schließt sich der Kreis zur Performance-Problematik*:* Es zeigt sich, dass die Gruppe der Studienabbrechenden besonders selten Feedback von ihren Hochschullehrenden in Anspruch nimmt. Zudem gaben über 50 % der Abbrechenden (Math./Naturwiss.) „zu hohe Anforderungen" oder eine „nicht zu bewältigende Stofffülle" als relevante Abbruchsgründe an, und für 41 % der Abbrechenden spielte die Selbsteinschätzung, fehlende Vorkenntnisse nicht ausgleichen zu können, eine relevante Rolle bei der Abbruchsentscheidung (Heublein et al., 2017).

Es werden immer wieder Versuche unternommen, Studierende zu Beginn des Studiums in der Aufarbeitung von Vorwissensdefiziten zu unterstützen. Oft wird in Vorkursen versucht, vor Semesterbeginn die Grundlagen der Chemie zu wiederholen. Eitemüller & Habig (2020) fanden hier in einer systematischen Evaluation im Mittel auch positive Effekte auf den Klausurerfolg am Ende des ersten Semesters für Vorkursteilnehmende verglichen mit

Studierenden, die keinen Vorkurs besucht hatten. Betrachtet man die Vorwissensniveaus jedoch gesondert, zeigt sich in dieser Studie ein Matthäus-Effekt für Studierende die vormals einen Leistungskurs in der Chemie besucht haben. In einer Studie, die Studierenden semesterbegleitend Hilfestellung in Form automatisierten Feedbacks in digitalen Lernaufgaben bereitstellte, konnte hingegen für Studierende, die z. B. bedingt durch die Kurswahl mit einem geringeren Vorwissen ins Studium starten, gezeigt werden, dass elaboriertes Feedback signifikante Lernvorteile mit sich bringt und so helfen kann, Wissensdefizite aufzuarbeiten (Trauten et al., 2023).

Diese und weitere Unterstützungsangebote haben jedoch gemeinsam, dass sie in der Regel die freiwillige Mitarbeit der Studierenden voraussetzen. Besonders zu Beginn der akademischen Laufbahn unterschätzen Studierende meist die zum erfolgreichen Studieren notwendige Arbeitszeit und widmen sich gerade zu Beginn des ersten Semesters häufig Tätigkeiten, die weniger förderlich für den Studienerfolg sind (Trentepohl et al., 2022). Tentepohl et al. (2022) konnten zudem zeigen, dass sich deutlich bessere Ergebnisse im Rahmen eines Hochschulkurses (Bauingenieurwesen) erzielen lassen, wenn regelmäßig von der Lehrperson verbindliche Abgaben eingefordert werden.

Befunde zum Zeitmanagement in der Studieneingangsphase legen nahe, dass Studierende Unterstützung benötigen, sich ihre Lernzeit adäquat einzuteilen. Dies ist insbesondere dann geboten, wenn Wissensdefizite aufgearbeitet werden müssen, denn hierbei entsteht ein zusätzlicher Workload neben dem bereits bestehenden Workload der Studieneingangsphase. Ein Unterstützungsangebot sollte zudem die zur Wissensaufarbeitung relevanten Informationen möglichst niederschwellig und kompakt bereitstellen, damit möglichst viel Zeit für die Wissensaufarbeitung genutzt werden kann. Die Vielzahl an Visualisierungen in Chemie Lehrbüchern (Dickmann, 2019) und der komplizierte Umgang mit diesen (Rau, 2017) erfordern häufig dynamische Darstellungsformen, die die Brücke zwischen den verschiedenen Visualisierungstypen spannen können. Ziel ist es genau in dieser Phase ein Unterstützungsangebot bereit zu stellen, das die oben genannten drei Problembereiche und deren Wechselspiel zu reduzieren vermag. Daher wurden interaktive E-Lernlektionen als Medium gewählt, nicht zuletzt, weil im Rahmen solcher E-Lernlektionen automatisiert auswertbare Aufgaben sowie just-in-time Feedback gut implementiert werden kann.

Forschungsfragen

FF1: In welchem Umfang können Vorwissensdefizite mit Hilfe interaktiver E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback aufgeholt und die Wissensentwicklung unterstützt werden?

FF2: Wie wirken sich die interaktiven E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback in Abhängigkeit von den Implementationsbedingungen (selbstbestimmt vs. verpflichtend) auf (a) die Akzeptanz hinsichtlich der E-Lernlektionen und (b) den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden in der Allgemeinen Chemie aus?

Methode und Design

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen soll im Wintersemester 2023/2024 über eine Intervention im Zwei-Gruppen Prä-Post-Design an voraussichtlich $N = 300$ Studierenden überprüft werden, inwiefern sich eine zeitlich begrenzte und verpflichtende Bearbeitung verglichen mit eigenverantwortlichem Arbeiten mit den interaktiven E-Lernlektionen als vorteilig für den Lernerfolg erweist. Hierzu werden die Lehramtsstudierenden im Fach Chemie (IG_1: Verpflichtende Bearbeitung) mit Studierenden der Fachwahl Bachelor Chemie

und Bachelor Water Science (IG_2: Eigenverantwortliche Bearbeitung) verglichen. Über ein Propensity-Score-Matching werden mithilfe der Kontrollvariablen (z. B. Fachwissen, kognitiven Fähigkeiten, Studienmotivation, Lern- und Leistungsstrategien) statistische Zwillingspaare in den beiden Teilstichproben ermittelt. Die Teilstichproben werden nicht direkt, sondern anhand dieser Zwillingspaare miteinander verglichen, wodurch sich der Bias dieser Gelegenheitsstichprobe in quasi experimentellem Design deutlich reduzieren lässt.
Zudem soll über einen Kohortenvergleich mit einem früheren Jahrgang ermittelt werden, inwiefern sich Vorwissensdefizite über den Semesterverlauf mit den E-Lernlektionen aufarbeiten lassen.
Zu diesem Zweck wurden auf Basis der Principles of Multmedia-Learning (Cognitive Theory of Multimedia Learning; Mayer, 2014) für die Erstellung digitaler multimedialer Lernmaterialen (insbesondere Signaling-, Spatial-Contiguity- und Temporal-Contiguity-Principle) und unter Berücksichtigung von Aspekten des Universal Designs for Learning (Burgstahler, 2008, Schreffler et al., 2019) zehn interaktive digitale Selbstlern-Lektionen entwickelt. Die Lerninhalte leiten sich dabei aus den Kernideen der ersten drei Lernjahre des Chemieunterrichtes (QUA-LiS NRW, 2021) ab, welche nach inhaltlicher Passung zu den Themen gruppiert und für eine optimale Verzahnung mit dem Modul Allgemeine Chemie im ersten Semester inhaltlich angereichert wurden. Die Lerninhalte werden in unterschiedlichen Modi vermittelt. Der überwiegende Teil wird in Form von interaktiven Inhaltsfolien präsentiert, aber auch durch Lernvideos, die durch Expertinnen und Experten geprüft wurden. Die Anwendung des Wissens wird durch feedbackgestützte Lernaufgaben und virtuelle Experimente gewährleistet. So soll der vorwissensheterogenen Studierendenschaft durch Verknüpfung von Inhaltsebene und korrespondierenden Feedbackaufgaben maßgeschneiderte just-in-time Hilfestellung angeboten werden (E-tutorielle Selbstlernphase). Es wird hier ein zweistufiger Feedback-Algorithmus verwendet, der nach der ersten fehlerhaften Eingabe den Fehlerort indiziert (Knowledge of Mistake) und zusätzliche Hinweise präsentiert (Knowlege on how to proceed), die auf die Vermeidung dessen hindeuten. Dann erhalten die Lernenden einen zweiten Lösungsversuch. Reicht dieses Feedback (Feedback-Principle; Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007) nicht aus, um eine korrekte Lösung der Lernaufgabe herbeizuführen, wird die Musterlösung anhand eines Worked-Examples (Worked-Examples-Principle; Renkl, 2014) präsentiert. In der sich an die Selbstlernphase anschließenden Reflexionsphase müssen die Lernenden zunächst auf einer vierstufigen Likert-Skala selbst ihre Performance einschätzen, dann folgt ein Assessment mit automatisierter Auswertung. Diese Aufgaben zeigen nicht den Fehlerort oder die korrekte Lösung an, sondern präsentieren nur Knowledge of Result und Knowledge of Performance (Narciss, 2006). Sie korrespondieren mit den inhaltlichen Anforderungen der Lernphase. Abhängig von der Performance (ab < 80 %) wird eine themenspezifische Wiederholungsempfehlungen gegeben. Die IG_1 ist zudem dazu verpflichtet acht von zehn E-Lernlektionen mit min. 80 % Performance zu bearbeiten.
Das erhaltene Paket an E-Lernlektionen, das sich inhaltlich auf empirisch fundierte Kernideen der ersten drei Lernjahre stützt, soll schließlich nach der Validierung als Open Educational Ressource für das Selbststudium in der Studieneingangsphase bereitgestellt werden. Des Weiteren liefert das Projekt eine Argumentationsgrundlage für ggf. verpflichtende digitale Vorbereitungskurse vor Studiumsbeginn zur Aufarbeitung schulischer Wissensdefizite.

Literatur

Averbeck, D. (2021). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen (Band 308). Berlin: Logos. Burgstahler, S. & Cory, R. C. (Hrsg.). (2008). *Universal design in higher education. From principles to practice*. Cambridge, Mass.: Harvard Education Press. Verfügbar unter: https://permalink.obvsg.at/AC07602846

Dickmann, T. (2019). *Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. Zwei Seiten einer Medaille* (Studien zum Physik- und Chemielernen). Logos.

Eitemüller, C. & Habig, S. (2020). Enhancing the transition? - effects of a tertiary bridging course in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(2), 561-569. https://doi.org/10.1039/C9RP00207C

Eitemüller, C., Trauten, F. & Walpuski, M. (2023). Digitalization of multistep chemistry exercises with automated formative feedback. *Journal of Science Education and Technology*.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. et al. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen* (Forum Hochschule). Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.

Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland* (DZHW Brief). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Verfügbar unter: https://www.dzhw.eu/publikationen/pub_show?pub_id=7922&pub_type=kbr

Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369

Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, *29*(4), 717-761. https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3

Rost, F. (2018). *Lern- und Arbeitstechniken für das Studium* (Lehrbuch, 8., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.

Sarcletti, A. & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *1*(3), 235–248. https://doi.org/10.1007/s35834-011-0020-2

Tinto, V. (1988). Stages of Student Departure: Reflections on the Longitudinal Character of Student Leaving. *The Journal of Higher Education*, *59*(4), 438. https://doi.org/10.2307/1981920

Trauten, F., Eitemüller, E. & Walpuski, M. (im Druck). Lernaufgaben mit automatisiertem Feedback in einem digitalen Hochschultutorium zur Vorlesung der Allgemeinen Chemie als Angebot zur Binnendifferenzierung. Zeitschrift für empirische Hochschulforschung, 7(1), 13-33. (DOI voraussichtlich: https://doi.org/10.3224/zehf.v7i1.03)

Trautwein, C. & Bosse, E. (2017). The first year in higher education—critical requirements from the student perspective. *Higher Education*, *73*(3), 371–387. https://doi.org/10.1007/s10734-016-0098-5

Trentepohl, S., Waldeyer, J., Fleischer, J., Roelle, J., Leutner, D. & Wirth, J. (2022). How Did It Get So Late So Soon? The Effects of Time Management Knowledge and Practice on Students' Time Management Skills and Academic Performance. *Sustainability*, *14*(9), 5097. https://doi.org/10.3390/su14095097

QUA-LiS NRW (Käuser, R., Hrsg.). (2021). *Vernetztes Lernen im Chemieunterricht*. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idart=10969

Kendra Zilz Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Science Media Literacy – Entwicklung eines Performanztests

Ausgangssituation

In sozialen Medien finden sich Fluten (vermeintlich) naturwissenschaftlicher Informationen, aber bei weitem nicht alle sind vertrauenswürdig. Drängende Herausforderungen wie der anthropogene Klimawandel erfordern, dass Lai*innen die Glaubwürdigkeit naturwissenschaftshaltiger Informationen fundiert beurteilen können. Ein Urteil allein auf der Grundlage des im Schulunterricht erworbenen Fachwissens ist jedoch häufig nicht möglich.

Theoretischer Hintergrund

Das theoretische Konstrukt Science Media Literacy (Höttecke & Allchin, 2020) zielt auf die Befähigung von Schüler*innen zu fundierten Entscheidungen über Glaubwürdigkeit medial vermittelter naturwissenschaftshaltiger Repräsentationen ab. Lehr-Lern-Strategien für solche Entscheidungen müssen sich am lebensweltlichen Kontext des sich wandelnden Medienkonsums und damit an der zunehmenden Bedeutung sozialer Medien orientieren. Die epistemische Abhängigkeit (Hardwig, 1985) aller Lai*innen von naturwissenschaftlicher Expertise sowie die kaum überschaubare Menge an Informationen in sozialen Medien müssen berücksichtigt werden. Zeiteffiziente Vertrauensurteile hinsichtlich einer Quelle bzw. Person stellen daher einen vielversprechenden Ansatz dar (Zilz & Höttecke, 2022). Hierfür benötigen Schüler*innen Wissen über die disziplinäre Organisation und die Bedeutung und Konstitution von Expertise innerhalb der Wissenschaft (Höttecke & Allchin, 2020; Osborne et al., 2022). Dieses Wissen ist dem Bereich Nature of Science (NOS) zuzuordnen. Die Verknüpfung erweiterter NOS-Inhalte mit neuen, wirksamen Media Literacy Methoden (z.B. *Fact Checking*; McGrew, 2020) in Form einer Interventionsstudie steht bislang aus. Bisherige empirische Untersuchungen zur Förderung der kritischen Beurteilung von Quellen bieten keine alltagsähnliche und authentische Testumgebung mit freiem Internetzugang (z.B. Bråten et al., 2019; Potocki et al., 2020), was die ökologische Validität einschränkt.

Konstruktionsmerkmale der Testaufgaben

Die Performanz-Testaufgaben (siehe Beispielaufgabe, Abbildung 1) simulieren alltägliche Situationen des Medienkonsums möglichst authentisch, um SML-bezogene Fähigkeiten ökologisch valide zu messen (Zilz & Höttecke, under review). Die Aufgaben enthalten authentische Fallvignetten, das heißt Textausschnitte tatsächlich getätigter Aussagen von realen Personen. Die Fallvignetten wurden so ausgewählt, dass die bei Google erscheinenden Ergebnisse zu den Personen teilstandardisiert sind. Beispielsweise existiert zu jeder Person ein deutschsprachiger Wikipedia-Artikel. Während der Bearbeitung verfügen die Schüler*innen über freien Internetzugang. Den Testaufgaben liegt stets der fachliche Kontext des Klimawandels zugrunde. Sie sind sowohl mithilfe von Fachwissen über den Klimawandel als auch durch Vertrauensurteile (beispielsweise durch die Beurteilung der Expertise der sich äußernden Personen) lösbar. Das SML-Fähigkeitsmaß wird sowohl quantitativ als auch qualitativ gebildet, wie im folgenden Abschnitt genauer erläutert wird.

Aufgabenformat

Abb. 1 zeigt ein Beispiel einer Performanz-Testaufgabe zur Illustration mit drei fiktiven Fallvignetten. Das tatsächliche entwickelte Messinstrument mit realen Fallvignetten behandeln wir zu diesem Zeitpunkt des Projekts noch vertraulich und können es hier nicht zeigen. Die Testleistung umfasst das Ranking der drei Fallvignetten nach ihrer Glaubwürdigkeit in die Kategorien *sehr glaubwürdig, weniger glaubwürdig* und *kaum glaubwürdig* mit einer schriftlichen Begründung. Für das Ranking durch die Testperson werden je nach eingeordneter Reihenfolge Scores vergeben. Zudem werden die quantitativen Daten des Rankings mit den qualitativen Daten aus den schriftlichen Begründungen der Schüler*innen trianguliert.

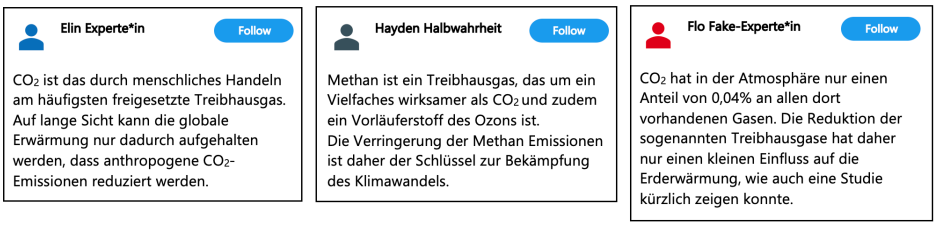


Abbildung 1: Drei fiktive, beispielhafte Fallvignetten, die den Testpersonen im Rahmen einer Performanz-Testaufgabe vorgelegt werden.

In der Illustrations-Aufgabe in Abbildung 1 wäre Elin Experte*in der Kategorie *sehr glaubwürdig,* Hayden Halbwahrheit der Kategorie *weniger glaubwürdig* und Flo Fake-Experte*in der Kategorie *kaum glaubwürdig* zuzuordnen. Dies lässt sich auf Grundlage ihrer drei Aussagen mithilfe naturwissenschaftlichen Fachwissens über den Klimawandel ableiten. Gleichzeitig sind die Testaufgaben so konstruiert, dass sich auch auf Basis eines Vertrauensurteils, also ohne oder mit nur geringem naturwissenschaftlichem Fachwissen, die gleichen Zuordnungen in die dreigestuften Glaubwürdigkeits-Kategorien ergibt. So wäre Elin Experte*in im tatsächlichen Messinstrument etwa Klimawissenschaftler*in am renommierten Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), während bezüglich Flo Fake-Experte*in aufgrund seiner*ihrer Tätigkeit in der Öl-Industrie ein Interessenskonflikt festzustellen ist. Hayden Halbwahrheit hat beispielsweise zwar Geographie studiert und ein Buch zum Thema Klimawandel veröffentlicht, ist jedoch kein aktives Mitglied der wissenschaftlichen Community und daher in die mittlere Kategorie *weniger glaubwürdig* einzuordnen.

Ausblick

Die bis jetzt entwickelten und in naher Zukunft pilotierten Testaufgaben werden in einer Unterrichtsintervention in der Sekundarstufe eingesetzt. Dort wird in einem Pre-Post-Follow-up-Design mit Kontrollgruppe untersucht, welche Wirkungen erzeugt werden durch a) die Förderung der Fähigkeit Vertrauensurteile zu fundieren, b) eine Förderung kontext-spezifischen Fachwissens oder c) eine Kombination von a) und b). Für die drei Messzeitpunkte werden zusätzlich Messinstrumente zum *Fact Checking* (McGrew, 2020) adaptiert. Dadurch werden auch webbezogene Fähigkeiten der Schüler*innen erhoben, die im Konstrukt Science Media Literacy miteingeschlossen sind.

Das Projekt wird von der DFG (Projektnummer: 518271472) gefördert.

Literatur

Bråten, I., Brante, E. W., & Strømsø, H. I. (2019). Teaching sourcing in upper secondary school: A comprehensive sourcing intervention with follow-up data. *Reading Research Quarterly, 54*(4), 481-505.

Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education, 104*(4), 641-666.

Hardwig, J. (1985). Epistemic Dependance. *Journal of Philosophy, 82*(7), 335-349.

McGrew, S. (2020). Learning to evaluate: An intervention in civic online reasoning. *Computers & Education, 145*, 103711.

Osborne, J., Pimentel, D., Alberts, B., Allchin, D., Barzilai, S., Bergstrom, C., Coffey, J., Donovan, B., Kivinen, K., Kozyreva. A., & Wineburg, S. (2022). *Science Education in an Age of Misinformation*. Stanford University, Stanford, CA.

Potocki, A., de Pereyra, G., Ros, C., Macedo-Rouet, M., Stadtler, M., Salmerón, L., & Rouet, J. F. (2020). The development of source evaluation skills during adolescence: exploring different levels of source processing and their relationships (El desarrollo de las habilidades de evaluación de las fuentes durante la adolescencia: una exploración de los distintos niveles de procesamiento de las fuentes y sus relaciones). *Journal for the Study of Education and Development, 43*(1), 19-59.

Zilz, K. & Höttecke, D. (2022). Wer ist vertrauenswürdig? Strategien zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit von Informationen. *Unterricht Chemie, 192*, 16-21.

Zilz, K. & Höttecke, D. (under review). Assessment of Science Media Literacy using authentic Case Scenarios.

Lutz Kasper[1] [1]PH Schwäbisch Gmünd
Ann-Katrin Krebs[2] [2]Leuphana Universität Lüneburg
Jochen Pfeifer[1]
Hannes Helmut Nepper[1]

DIY-Fledermausdetektor mit Gamification-Elementen

Einleitung

Fledermäuse nutzen Ultraschall für ihre räumliche Orientierung und zur Beutejagd. Diese Ultraschallfrequenzen liegen außerhalb des menschlichen Hörbereichs, sind jedoch durch den Einsatz von technischen Hilfsmitteln wie Detektoren und digitalen Signal-verarbeitungssystemen in Hörschall umwandelbar. Mit der Beschäftigung rund um Fledermäuse werden Inhalte unterschiedlicher MINT-Fächer thematisiert, darunter Physik mit dem Thema Schwingungen und Wellen, Biologie im Bereich der Sinneswahrnehmung (und deren Grenzen) sowie Technik mit Aspekten von Konstruktion, Design und Fertigung von technischen Artefakten. Durch diesen interdisziplinären Ansatz können unterschiedliche Vorlieben der Lernenden, ihre Art zu lernen sowie Bezüge zur Alltags- und Lebenswelt im Kontext von Fledermäusen berücksichtigt werden (Belland, 2017; Krebs, 2020).

Physikalischer Zugang über "Schwingungen und Wellen"

Um Lernenden einen ersten praktischen und interdisziplinären Zugang zu diesem faszinierenden Thema zu ermöglichen, sind kommerzielle Detektoren mit digitaler Datenerfassung besonders geeignet (Krebs et al., 2022). Ein Beispiel hierfür ist das Echo Meter Touch 2 Plug-in-Modul für Smartphones, das in Verbindung mit der entsprechenden App in Echtzeit Spektrogramme der aufgezeichneten Ultraschalllaute erstellt und die Fledermausart ausgibt, die die höchste Übereinstimmung mit der App-internen Datenbank hat. Einige Messinstrumente ermöglichen eine direkte Anzeige, Visualisierung und Speicherung der ermittelten Frequenzen. Künstliche Ultraschallquellen wie beispielsweise Abstandssensoren, Ultraschall-Zahnbürsten oder die Autofokus-Funktion von Fotoobjektiven mit Ultraschallantrieb können mit Hilfe eines Ultraschallmessgeräts präziser untersucht werden. Der Detektor weist einen Messbereich von 20 bis 192 kHz auf, womit auch solche technischen Ultraschallquellen erfasst werden können. Zur Evaluierung des Plug-in-Moduls wurde ein Ultraschallsender mit einem Sinusgenerator bei einer Frequenz von 34 kHz betrieben. Wie erwartet zeigt der Detektor ein intensives und kontinuierliches Signal bei eben dieser Frequenz an (Abbildung 1a). Das weithin gebräuchliche Ultraschall-Modul HC-SR04 zeigt indes ein Verhalten, das dem von Fledermäusen ähnelt. Dieses Modul wird beispielsweise häufig in DIY-Projekten als Abstandssensor in Verbindung mit der Arduino-Plattform verwendet (Abbildung 1b). Die Messungen mit dem Fledermausdetektor zeigen auffällige Unterschiede im Vergleich zum kontinuierlichen Sendersignal.

Der HC-SR04 sendet sogenannte Burst-Signale aus, die eine Frequenz von 40 kHz und eine Pulslänge von jeweils 200 Mikrosekunden aufweisen. Dieses Verhalten ist in einem Sonogramm (Abbildung 1c) klar ersichtlich. Aufgrund der Ähnlichkeit zu einigen Fledermaussignalen ist es nicht überraschend, dass das Plug-in-Modul dieses Signal nach einem Datenbankabgleich der Echo-Meter-App irrtümlicherweise mit einer Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) in Verbindung bringt.

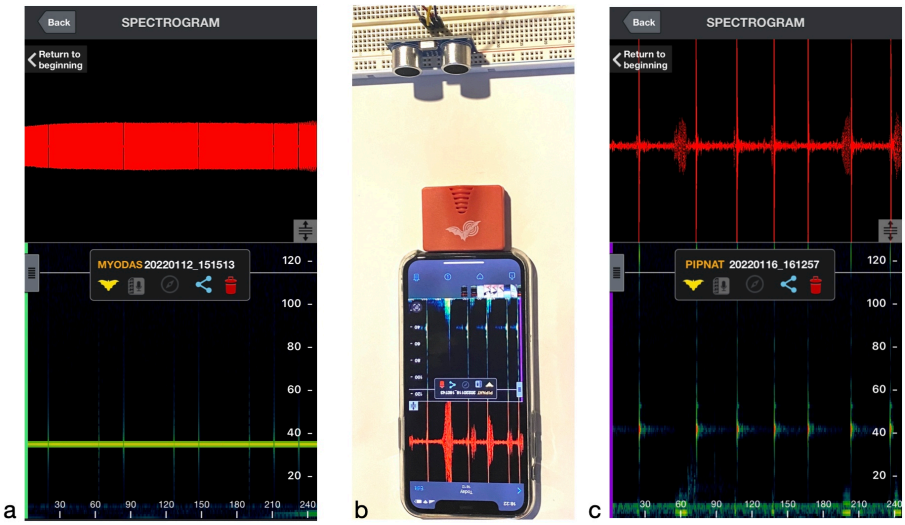


Abb. 1: Echo-Meter mit „unbelebten" Schallquellen, Foto: Lutz Kasper

Gamification im interdisziplinären MINT-Fachunterricht

Die Anwendung von spieltypischen Elementen und Prinzipien in einem anderen Kontext wird als "Gamification" bezeichnet und findet in schulischen Umgebungen Anwendung, um das Lernen zu unterstützen und zu optimieren. Im Bildungswesen des 21. Jahrhunderts steht die Förderung aktiver und kreativer Lernumgebungen im Vordergrund. Die Integration unterhaltsamer und amüsanter Spielelemente in den jeweiligen Curricula der Fächer soll dazu beitragen, positive Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Lehrstoff zu schaffen und somit langfristige Lernerfolge zu erzielen (Mee Mee et al., 2022). Auf diese Weise werden die Lernenden aufgefordert, aktiv am Lernprozess teilzunehmen und die Verantwortung für ihr eigenes Lernen zu übernehmen.

Adaption des B@t-Detektor-Bausatzes

Selbstbausätze stellen kostengünstige Alternativen dar, die in der Regel Steck- und Lötarbeiten benötigen und damit meist ab einem Alter von 14 Jahren empfohlen werden und unter Aufsicht anzufertigen sind. Meist sind diese Detektoren dann in einem Karton oder einer Schachtel verbaut und zeigen von außen selten auf den ersten Blick ihre Funktion an.

Im Rahmen des Projekts „Digi'B@ts"[1] wird in einem Teilprojekt ein neuer Detektorbausatz für den technikbezogenen Unterricht entwickelt, der durch Gamification-Elemente und inklusive Aspekte erweitert wird. Dieser Do-it-Yourself (DIY) Bausatz kann mit modernen Maker-Werkzeugen (u.a. 3D-Drucker, Laser, Fräser) hergestellt werden (Domjahn, 2021; Schlagenhauf, 2021) und ermöglicht nicht nur die akustische Umwandlung von Ultraschall in Hörschall, sondern auch die Darstellung dieser Signale in visueller und haptischer Form. Das Endprodukt in Fledermausform ähnelt in seiner Funktion einem Gamepad (Abb. 2), wie es Lernende ggfs. von Zuhause oder von Freunden kennen. Mit seiner Form und seinen Funktionen sowie der eigenen Fertigung kann der B@t-Detektor motivierend auf Lernende wirken kann (Mee Mee et al., 2021).

[1] Weitere Informationen unter www.digibats.de.

Diese Adaption ermöglicht, dass unabhängig von biologischem oder sozialem Geschlecht ansprechende Themen für alle Lernenden zugänglich werden (Stemmann, 2019).
Vom Material ausgehend wurde unter der Berücksichtigung des NinU-Schemas und NinU-Rasters (Fühner et al., 2022; Stinken-Rösner et al., 2020) der B@t-Detektor entsprechend um haptische und visuelle Signalausgaben erweitert.

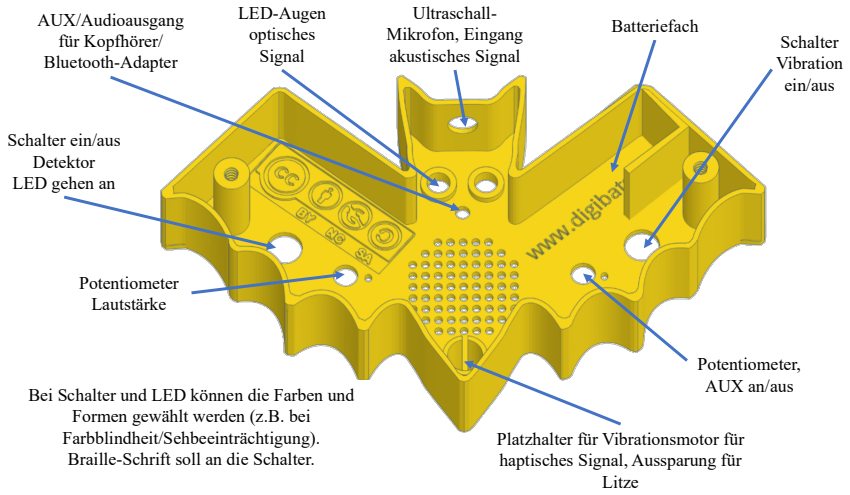


Abb. 2: 3D-Gehäuse des B@t-Detektors mit Bauteilen und Beschreibung, Design & Foto: Ann-Katrin Krebs

Stufen der technischen (Weiter-) Entwicklung

Das Basissystem besteht aus einem Ultraschallempfänger, dessen Signale über eine zweistufige Kaskade aus Operationsverstärkern (Typ LM386) verstärkt werden. Ein Koppelkondensator dient dabei als Bindeglied zu einem 7-Stufen Binärzähler (Typ CD4024). Dieser Zähler reduziert die Frequenz um Faktoren von 16, 32 und 64, bevor er die Signale über einen weiteren Operationsverstärker (ebenfalls LM386) an einen Lautsprecher weiterleitet. In den Implementierungen wird am Ausgang Q4/Q5/Q6 des CD4024 das Audiosignal mittels eines Darlingtontransistors (Typ BC517) verstärkt, um damit einen Vibrationsmotor anzusteuern. Gleichzeitig wird der Status-LED-Stromkreis über eine Schottky-Diode überbrückt und dadurch invertiert.

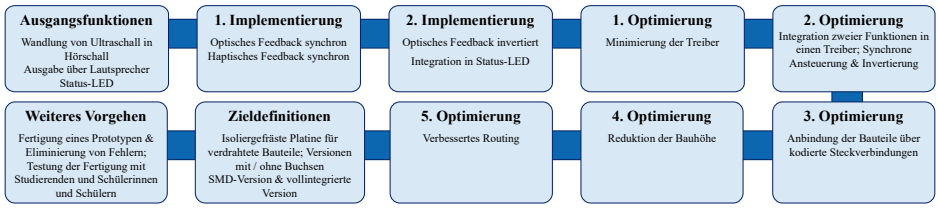


Abb. 3: Übersicht der bisherigen Adaptionen am B@t-Detektor-Bausatz, Grafik: Jochen Pfeifer

Literatur

Belland, B. R. (Hrsg.). (2017). *Instructional Scaffolding in STEM Education*. Springer International Publishing.

Domjahn, J. (2021). *Technik unterrichten: Kompetenzerwerb in Lernsituationen* (4. Auflage). *Bibliothek der Schulpraxis*. Verlag Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer GmbH & Co. KG.

Führer, L., Ferreira González, L., Weck, H., Pusch, A. & Abels, S. (2022). Das NinU-Raster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts für Lehramtsstudierende. In A. Schröter, M. Kortmann, S. Schulze, K. Kempfer, S. Anderson, G. Sevdiren, J. Bartz & C. Kreutchen (Hrsg.), *Inklusion in der Lehramtsausbildung – Lerngegenstände, Interaktionen und Prozesse* (S. 63–78). Waxmann.

Krebs, A.-K. (2020). "Programmieren und die Fledermaus" - Verknüpfung von Alltagsbezügen mit Digitalisierung und Technik im MINT-Unterricht. In S. Kruse, H.-J. Wahner & L. Windelband (Hrsg.), *Der Mensch in einer digitalen Welt: Kreativitätsfördernder MINT-Unterricht mit Berufsorientierung* (S. 21–22). KlettMINT.

Krebs, A.-K., Kasper, L., Kuhn, J. & Wilhelm, T. (2022). Mit Echo Meter auf Fledermauspirsch. *Physik in unserer Zeit*, *53*(2), 96–97.

Mee Mee, R. W., Pek, L. S., Von, W. Y., Abd Ghani, K., Tengku Shahdan, T. S., Ismail, M. R. & Rao, Y. S. (2021). A Conceptual Model of Analogue Gamification to Enhance Learners' Motivation and Attitude. *International Journal of Language Education*, *5*(2), 40.

Mee Mee, R. W., Rao, Y. S., Pek, L. S., Ghani, K. A., Von, W. Y., Ismail, M. R. & Shahdan, T. S. T. (2022). Gamifying education for classroom engagement in primary schools. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, *11*(3), 1360.

Schlagenhauf, W. (2021). *Allgemeinbildung Technik für Dummies* (1. Auflage). *Für Dummies Ser*. Wiley.

Stemmann, J. (2019). Gendergerechte Technik - eine Herausforderung für das Lernen in einer digitalen Welt? Journal of Technical Education, Bd. 7 Nr. 1 (2019): Journal of Technical Education (JOTED).

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, *3*, 30.

Christian Dictus-Christoph[1]
Rüdiger Tiemann[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin

MINT-Town: Critical Thinking Skills spielerisch lernen

Einleitung

Die hohe Anzahl und Verfügbarkeit von Informationsquellen, welche unsere zunehmend digitalisierte Welt mit sich bringt, stellen Lehrende und Lernende vor eine große Herausforderung. Um Schüler:innen auch im Hinblick auf komplexer werdende Kontexte für die Teilhabe am wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs vorzubereiten, wurden sowohl international ("21st century skills", OECD, 2018) als auch auf Ebene der Europäischen Union ("key competencies for lifelong learning", EU, 2019) zentrale Kompetenzen formuliert - darunter auch critical thinking und Problemlösen. Um einen Beitrag zur zeitgemäßen Förderung derselben zu liefern, haben wir die digitale spielbasierte Lernumgebung MINT-Town entwickelt und mit Schüler:innen evaluiert. In der Evaluation wollten wir der Frage nachgehen, inwieweit sich MINT-Town als Tool zur Förderung von critical thinking eignet.

Theoretische Rahmung

Für critical thinking lässt sich trotz umfangreicher Bemühungen (z.B. Facione, 1990) bisher keine einheitliche Definition finden, was unter anderem auf domänenspezifische Elemente des Konstrukts zurückführen ist (Rafolt, Kapelari & Kremer, 2019).
Um critical thinking dennoch anknüpfungsfähig fördern und einen Lernfortschritt quantifizieren zu können, haben wir nach einem möglichst allgemeinen und praxisnahen Ansatz für das Konstrukt gesucht. Einen solchen Ansatz liefert Ennis (1987) mit seiner Beschreibung von critical thinking dispositions und skills. Die skills, welche ein „idealer kritischer Denker“ haben sollte (Ennis, 2011, S. 16-17), sind in sechs zentrale Kategorien aufgeteilt: grundlegende Klärung eines Sachverhaltes, Entscheidungsbasis, Schlussfolgerungen, vertiefte Klärung eines Sachverhaltes, Supposition und Integration sowie Hilfsfertigkeiten. Letztere beinhalten unter anderem auch problemlösendes Denken.
Eine weitere Herausforderung ist es, ein hinreichend motivierendes Lernsetting zu schaffen, um eine intensive Auseinandersetzung der Lernenden mit den problembasierten Kontexten zu erreichen. Dafür werden in der Lernumgebung verschiedene Gamification-Elemente (z.B. Quests, Errungenschaften, Items, freischaltbare Inhalte) eingesetzt. Gamification bezeichnet den Einsatz dieser – ursprünglich aus Videospielindustrie stammenden - Elemente in anderen Kontexten (Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011) mit dem Ziel einer Motivations- und Leistungssteigerung (Sailer, Hense, Mayr & Mandl, 2017).

Lernumgebung

Die spielbasierte digitale Lernumgebung MINT-Town besteht aktuell aus drei Szenarien, die mit dem „RPG Maker MV“ [Version 1.62] (Gotcha Gotcha Games Inc., 2015) theoriegeleitet entwickelt wurden (Dictus & Tiemann, 2021). Im ersten Szenario (Tutorial) machen sich die Spieler:innen mit der Lernumgebung vertraut und üben am Kontext des „eutrophierten Teiches“ allgemeine Critical Thinking Skills und problemlösendes Denken. Die folgenden Szenarien (Apfelhain & Bergregion) dienen der Festigung und dem Transfer der erlernten Fähigkeiten auf chemiespezifische Kontexte (Dictus & Tiemann, 2023).

Instrumente und Design der Hauptstudie

Die Hauptstudie wurde als quasiexperimentelles Ein-Gruppen-Prätest-Posttest-Design angelegt (Döring & Bortz, 2016, S. 202). Die Erfassung der Prätest- und Posttest-Daten erfolgte an den Schulen nach einer kurzen Einweisung durch den Versuchsleiter in Sessions von jeweils etwa 40 Minuten, technologiebasiert via Limesurvey.

In der Gelegenheitsstichprobe wurden Daten von Schüler:innen der Klassenstufe 10 aus vier Berliner Gymnasien im Abstand von 2-4 Wochen erfasst. Zwischen beiden Erhebungszeitpunkten fand die Intervention statt, in denen die Schüler:innen alle drei Szenarien der Lernumgebung selbstständig als Hausaufgabe durchlaufen sollten, nachdem im Chemieunterricht zuvor der jeweilige fachchemische Hintergrund behandelt wurde. Dafür erhielten sie die Links zur browserbasierten Version der Lernumgebung sowie Zugang zu einer herunterladbaren Offline-Version für Windows- und Androidgeräte.

Zur Erfassung der kritischen Denkfähigkeit wurde der "Cornell Critical Thinking Test - Level X" (Ennis & Millman, 2005) ins Deutsche übersetzt (inklusive 10% Rückübersetzung) und in jeweils 6 Aufgaben pro Teilkategorie für Prätest und Posttest aufgeteilt. Der Test umfasst Fragen zu den Teilkategorien „Induktion", „Deduktion", „Glaubwürdigkeit von Quellen beurteilen & Beobachten" sowie „Identifikation von Annahmen" und bildet damit verschiedene von Ennis (2011) beschriebene critical thinking skills ab.

Neben Alter und Geschlecht wurden im Prätest auch die Motivation und das Interesse an Naturwissenschaften und Chemie sowie das themenspezifische Interesse mit 5-stufigen Likert-Skalen erfasst.

Da die Teilnahme auf Freiwilligkeit beruhte, wurden im Posttest zudem die tatsächlich gespielten Szenarien erfragt. Mental Load und Mental Effort (Krell, 2015), bezogen auf die Lernumgebungen sowie kognitive Fähigkeiten anhand von figuralen Analogien (Heller & Perleth, 2000), wurden darin ebenfalls erhoben.

Nach der Bereinigung aller Daten blieben aus dem Prätest 169 und aus dem Posttest 124 auswertbare Datensätze.

Ausgewählte Ergebnisse der Hauptstudie

Für eine erste Auswertung wurde zunächst nur die Gruppe von Schüler:innen untersucht, die nach eigenen Angaben jedes Szenario mindestens teilweise durchlaufen haben, da hier der größte Effekt durch die Intervention erwartet wurde. Zudem wurden für den Vergleich zwischen Prätest und Posttest nur verknüpfbare Datensätze betrachtet.

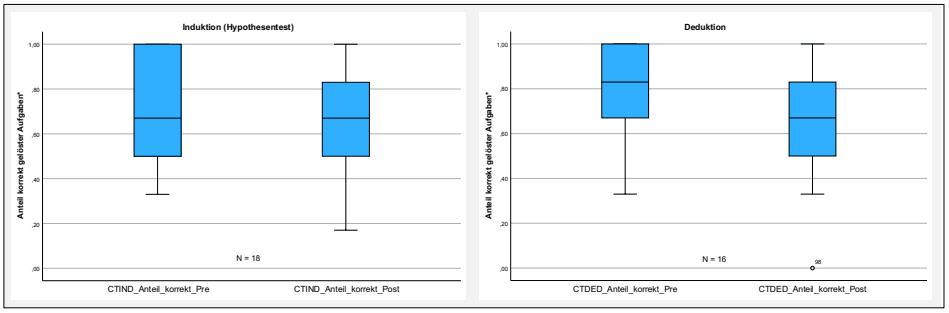


Abb. 1: relativer Anteil erfolgreich gelöster CT-Testaufgaben der Teilkategorien „Induktion (Hypothesentest)" und „Deduktion" im Pre-/Post-Vergleich (Schüler:innen, die alle Szenarien gespielt haben)

Beim relativen Anteil korrekt gelöster Aufgaben zeigen sich hier nur geringe Veränderungen der Verteilung vom Prätest zum Posttest für alle erfassten Teilkategorien des critical thinking. In den Teilkategorien „Induktion (Hypothesentest)“ und „Deduktion“ ist der Anteil korrekt gelöster Aufgaben bei vielen Schüler:innen bereits im Prätest relativ hoch, im Posttest sinkt die Lösungshäufigkeit der Aufgaben über die Verteilung hier ein wenig ab (Abb. 1).

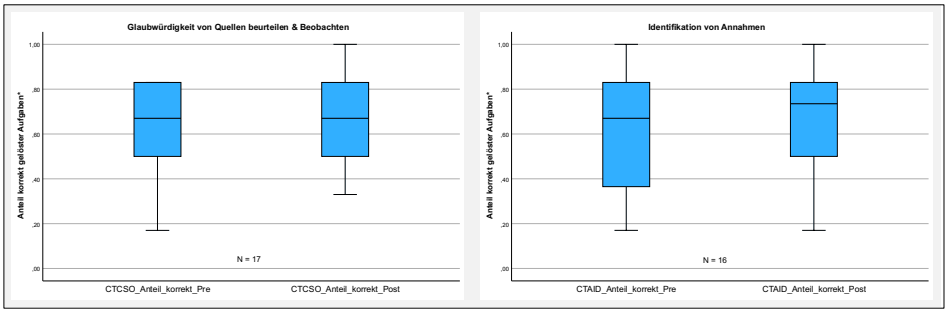


Abb. 2: relativer Anteil erfolgreich gelöster CT-Testaufgaben der Teilkategorien „Glaubwürdigkeit von Quellen beurteilen & Beobachten“ und „Identifikation von Annahmen“ im Pre-/Post-Vergleich (Schüler:innen, die alle Szenarien gespielt haben)

In den Teilkategorien „Glaubwürdigkeit von Quellen beurteilen & Beobachten“ und „Identifikation von Annahmen“ ist der Anteil korrekt gelöster Aufgaben im Prätest im Mittel etwas niedriger als bei den anderen beiden Kategorien. Zum Posttest lässt sich hier ein leichter Anstieg der Lösungshäufigkeit der Aufgaben über die Verteilung verzeichnen (Abb. 2).

Diskussion und Ausblick

Anhand der bisher ausgewerteten Daten lässt sich noch nicht eindeutig beantworten, ob durch den Einsatz der Lernumgebung als unbegleitetes Selbstlerntool eine Verbesserung der Schüler:innen im critical thinking zu verzeichnen ist. Für die Kategorien „Glaubwürdigkeit von Quellen beurteilen & Beobachten“ sowie die „Identifikation von Annahmen“ lassen sich zwar positive Tendenzen erkennen, die leicht negativen Tendenzen in den Kategorien „Induktion (Hypothesentest)“ und „Deduktion“ könnten zusammen mit den hohen Werten im Prätest für einen Sättigungseffekt beziehungsweise einen Unterschied in der Aufgabenschwierigkeit von Prätest zu Posttest innerhalb dieser Kategorien sprechen.

In der weiteren Auswertung werden einerseits die Ergebnisse des Critical Thinking Tests bei den verbliebenen Datensätzen betrachtet, andererseits wird der Einfluss verschiedener Kovariablen (Schulnoten, Motivation und Interesse, kognitive Fähigkeiten und die wahrgenommene Schwierigkeit der Lernumgebung anhand von Mental Load und Mental Effort) auf die Veränderung der kritischen Denkfähigkeit untersucht. Damit soll der Frage nachgegangen werden, unter welchen Bedingungen und für welche Zielgruppe (bezogen auf das Leistungsniveau) sich die Lernumgebung als Selbstlerntool für critical thinking eignet.

Danksagung

Das Projekt wurde von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen der Initiative „Die Zukunft des MINT-Lernens“ finanziell gefördert.

Literatur

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, 28.-30.09). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland.

Dictus, C., & Tiemann, R. (2021, 01.-02.07.). Fostering Critical Thinking by a Gamification Approach. 11th International Conference - The Future of Education (Virtual Edition), Firenze, Italy.

Dictus, C., & Tiemann, R. (2023). Eine digitale Spielumgebung zum Lehren und Lernen von Problemlösefähigkeit und Critical Thinking in den Naturwissenschaften. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Eds.), Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 109-122

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5

Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), Teaching thinking skills: Theory and practice (New York: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co, 9-26

Ennis, R. H. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective - Part I. Inquiry - Critical Thinking Across the Disciplines, 26 (1), 4-18

Ennis, R. H., & Millman, J. (2005). Cornell Critical Thinking Test - Level X (5. ed.): The Critical Thinking Co.

EU [European Union]. (2019). Key competencies for lifelong learning. In European Commission (Ed.), Education and Training. Luxembourg, 1-20

Facione, P. A. (1990). Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. Insight Assessment. https://eric.ed.gov/?id=ED315423

Gotcha Gotcha Games Inc. (2015). RPG Maker MV (1.62) [Software]. In KADOKAWA Corporation & Degica Co., Ltd. https://www.rpgmakerweb.com/company

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeits-Test (Rev.) für 5.-12. Klasse (KFT 5-12+R) (3). Göttingen: Beltz-Testgesellschaft.

Krell, M. (2015). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory.

OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2018). The Future of Education and Skills - Education 2030. OECD Publishing.

Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. H. (2019). Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht - Synergiemodell, Problemlage und Desiderata. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25, 63-75 https://doi.org/10.1007/s40573-019-00092-9

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. Computers in Human Behavior, 69, 371–380 https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033

Nils Bergander[1]
Jolanda Hermanns[2]
Nastja Riemer[2]

[1]Technische Universität Dortmund
[2]Universität Potsdam

Digitale Lernumgebungen zur Förderung des selbstregulierten Lernens in der Chemie

Einleitung

Die KMK hat im Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse festgelegt, dass Studierende dazu befähigt werden sollen, „die eigenen Fähigkeiten ein[zu]schätzen, […] autonom sachbezogene Gestaltungs- und Entscheidungsfreiheiten [zu reflektieren] und […] diese unter Anleitung [zu nutzen]“ (KMK, 2017, S. 7). In diesem Kontext nehmen die 21st century skills *Creativity, Critical Thinking, Problem-Solving* und *Communication* eine tragende Rolle ein, um die Studierenden auf ihre spätere Berufswelt vorzubereiten. Insbesondere zukünftige Lehrkräfte müssen in der Lage sein eigenverantwortlich und selbstreguliert Unterricht zu planen, Entscheidungen zu treffen und ihr eigenes Vorgehen zu reflektieren. Gleichzeitig sollten sie dazu befähigt sein ihre Schüler:innen auf die Herausforderungen der Arbeitswelt vorzubereiten.

Damit Lehrkräfte bestmöglich qualifiziert sind, ist es erforderlich, dass innerhalb der universitären Lehre Anlässe geschaffen werden, in denen die künftigen Lehrkräfte in der Fähigkeit selbstreguliert Handeln zu können gefördert werden. In diesem Kontext bieten sich zwei zentrale Möglichkeiten an (Riedel, 2021).

- Direkte Förderung: Die Lernenden werden direkt über das Konzept der Selbstregulation weitergebildet.
- Indirekte Förderung: Die Lernenden erhalten eine Lernumgebung, in welcher sie dazu angeregt werden selbstreguliert zu handeln.

Im Rahmen dieser Studie wurde die indirekte Förderung in den Mittelpunkt des Interesses gerückt und eine Lernumgebung für die Anorganische Chemie zu ausgewählten thematischen Aspekten der Stoffchemie der 1. Hauptgruppe des Periodensystems entwickelt und evaluiert.

Forschungsinteresse

Im Mittelpunkt dieser Untersuchung steht die Analyse der Wahrnehmung der verschiedenen Gestaltungsaspekte auf die Lernenden. Ziel ist es festzustellen, inwieweit die, aus der Theorie abgeleiteten, Gestaltungskriterien als hilfreich empfunden wurden. Die Lernenden sollen hierbei zusätzlich auch hinsichtlich ihrer Gründe für diese Einschätzung befragt werden. Als weiterer Aspekt wird ein Fokus auf die Wahrnehmung der verschiedenen Lernangebote gelegt, indem er gründet werden soll, aus welchem Grund die Wahl auf ein bestimmtes Angebot fiel und wie zufrieden die Lernenden mit dieser Wahl waren.

Theoretische Fundierung

Selbstgesteuertes und -reguliertes Lernen

In der Literatur werden häufig die Begriffe Selbststeuerung und Selbstregulation synonym verwendet und nicht voneinander abgegrenzt (Reinmann & Mandl, 2006; Hasselhorn & Gold, 2017; Götz & Nett, 2017; J. Brunstein & N. Spörer, 2018; Perels & Dörrenbächer, 2018; Perels et al., 2020). In der pädagogischen Psychologie wird hierbei häufig der Begriff der

Selbstregulation verwendet, während in der Erwachsenenbildung die Selbststeuerung benutzt wird. Innerhalb dieser Untersuchung wird dem Ansatz von Dyrna (2021a) gefolgt, welcher die Selbststeuerung als einen Teil der Selbstregulation betrachtet. Die Selbststeuerung wird hierbei „als ein zielgerichteter, mehrdimensionaler Vorgang, bei dem Lernende objektiv vorhandene didaktische Entscheidungs- und Handlungsspielräume hinsichtlich der Ziele, Inhalte, Quellen, Methodik, Einschätzung, Partner bzw. Partnerinnen, des Weges, der Zeit und des Ortes ihres Lernens subjektiv erkennen, beherrschen und nutzen“ (Dyrna, 2021a, S. 74) betrachtet. Die selbstregulativen Kompetenzen werden als übergeordnete Fähigkeiten (motivationale, kognitive oder metakognitive Aspekte) angesehen (Boekaerts, 1999; Götz & Nett, 2017; Dyrna, 2021b; Perels et al., 2020).

Gestaltung zur Förderung der Selbststeuerung

Digitale Lernumgebungen können auf unterschiedliche Arten und Weisen gestaltet werden. Explizit von Bedeutung ist das grundlegende Ziel, welches mit der Lernumgebung erreicht werden soll. Unter Einbeziehung der Förderung der Selbststeuerung ist eine offene Gestaltung geeignet, welche auf konstruktivistischen Gestaltungsparametern basiert, da diese entsprechende Freiheitsgrade ermöglichen (Dyrna, 2021c). In diesem Rahmen sollen Maßnahmen zur direkten und indirekten Förderung kombiniert werden, da es von Bedeutung für die Selbststeuerung ist, dass die Lernenden auf einer direkten Ebene angeleitet werden, um zu erfahren, welche indirekten Maßnahmen zur Nutzung der Lernumgebung es überhaupt gibt (Riedel, 2021). Zu diesem Zweck sollen zur Umsetzung der Lernumgebung die folgenden, aus der Theorie abgeleiteten Gestaltungskriterien, berücksichtigt werden (Dyrna, 2021c; vgl. auch Buchholz et al., 2022a).

- Kontroll- und Navigationsfreiheit (z.B. durch Navigationselemente)
- Modularisierung (z.B. durch Aufteilung des Lerninhaltes auf mehrere Module, sodass die Lernenden Wahlmöglichkeiten besitzen)
- Vernetzung (z.B. durch eine inhaltliche und technische Vernetzung zwischen den Modulen)
- Methodenpluralität (z.B. durch Bereitstellung verschiedener methodischer Zugänge)
- Lernerfolgskontrolle (z.B. in Form freiwilliger Selbstüberprüfungsaufgaben am Ende eines jeden Moduls)
- Kollaborationselemente (z.B. in Form einer gemeinsam zu bearbeitenden Aufgaben)
- Transparenz (z.B. durch eine transparente Darstellung des möglichen Funktionsumfanges der Lernumgebung)
- Lernassistenz (z.B. durch Bereitstellung von Unterstützungsmöglichkeiten in Form von Hilfekarten)

Mit Hilfe dieser Maßnahmenkombination aus einer direkten und indirekten Förderung sollen die Lernenden zu einem aktiven und entdeckenden Lernen und der Möglichkeit einer Erkenntnisgewinnung angeregt werden (Walber, 2003; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2000). Diese Gestaltung soll die Lernenden dazu animieren, dass sie ihren eigenen Lernprozess aktiv planen, durchführen und reflektieren, jedoch kann ausgehend davon nicht direkt angenommen werden, dass auch ein selbstgesteuertes Handeln erfolgt (Dyrna, 2021c).

Die digitale, interaktive Lernumgebung

Die Umsetzung dieser Gestaltungsmerkmale erfolgte mit Hilde des Tools genial.ly, da sich hiermit vielfältige Interaktivitätsmöglichkeiten anbieten und eine Lernumgebung umgesetzt werden kann, die die Förderung einer Selbststeuerung ermöglichen kann (Bergander, 2023). In Kombination wurden weitere digitale Tools wie H5P oder Task-Cards eingesetzt.

Zur Erarbeitung des Themas wurde ein Lebensweltbezug ausgewählt, welcher das Problem der Energiespeicherung in den Mittelpunkt rückte. Ziel war es eine authentische Frage in den Mittelpunkt zu rücken. Das übergreifende Themengebiet wurde hierbei in mehrere thematische Untereinheiten, sogenannte Module, zu Eigenschaften, Vorkommen – Gewinnung – Verwendung, Natrium-Schwefel-Akkumulator und Lithium-Ionen-Akkumulator aufgesplittet und den Lernenden für jedes der Module mehrere verschiedene Lernangebote zur Verfügung gestellt. Dadurch hatten die Lernenden Wahlmöglichkeiten und konnten nach ihren individuellen Bedürfnissen entscheiden. Um eine Vernetzung der einzelnen Module zu ermöglichen wurde eine zentrale Aufgabe konzipiert, die zur vollständigen Bearbeitung die Inhalte aller Module benötigt. Zusätzlich wurden Selbstüberprüfungsaufgaben, eine Navigationsleiste und Zusatzinformationen implementiert, um weitere Möglichkeiten zur Selbststeuerung zu ermöglichen.

Evaluation und ausgewählte Ergebnisse

Die Erprobung der Lernumgebung wurde von Bachelorstudierenden des Lehramtes mit dem Fach Chemie (N=24) durchgeführt. Die Datenerhebung wurde mit Hilfe mehrerer Fragebögen vorgenommen, sodass jedes Modul separat evaluiert wurde. In diesen wurden explizit Fragen zur Gestaltung der Module sowie zur Auswahl der Lernangebote gestellt. Eine abschließende Befragung sollte die Gestaltungskriterien in den Mittelpunkt nehmen. Die durchweg sehr positiven Ergebnisse sollen nun exemplarisch an einem Beispiel erläutert werden:

Zur Förderung der Selbststeuerung wurden zum Abschluss jedes einzelnen Moduls Selbstüberprüfungsaufgaben implementiert, welche als Möglichkeit zur zwischenzeitlichen Überprüfung des eigenen Wissens über die Inhalte im jeweiligen Modul dienen sollten. Diese Chance wurde von den meisten Studierenden über alle Module hinweg auch recht intensiv genutzt (86,4-95,8 %). Die Bewertung fiel hierbei auch sehr positiv (hilfreich: 87,0 %; eher hilfreich: 8,7 %) aus, denn nur wenig Studierende haben dieses Gestaltungskriterium nicht genutzt. Die Lernenden gaben darüber hinaus als Gründe für die Nutzung an, dass die Möglichkeit der Wissensüberprüfung (76,4 %) und der Festigung (9,0 %) für sie sehr wertvoll war. Gegen die Nutzung sprachen meist nur äußere Faktoren, wie fehlende Zeit, technische Probleme oder eine mangelnde Motivation. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von Selbstüberprüfungsaufgaben innerhalb einer digitalen Lernumgebung von den Lernenden sehr gut angenommen und auch positiv bewertet wird. Die Implementation einer solchen Gestaltung kann daher als einfaches Mittel angesehen werden, um die Lernenden zu unterstützen.

Fazit und Ausblick

Die implementierten Gestaltungsmerkmale wurden von den Lernenden mehrheitlich positiv bewertet. Die Lernumgebung eignet sich daher für den Einsatz in der Hochschullehre. Im nächsten Schritt soll daher die Lernumgebung in einem größeren Rahmen eingesetzt werden, um vertiefenden Erkenntnisse über die Nutzung der einzelnen gestalterischen Umsetzungen zu ermitteln.

Literatur

Bergander, N. (im Druck). Geniale, digitale Lernumgebungen mit genial.ly erstellen. In I. Rubner (Hrsg.), T. Wilke, S. Syskowski, D. Ditter, N. ter Horst, A. Tschiersch, D. Weiser. DiCE 2023 Conference Proceedings. Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek Jena: Jena

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated Learning: Where We Are today. International Journal of Educational Research, 31/6, 445–457

Brunstein, J., N. Spörer, N. (2018). Selbstgesteuertes Lernen. In D. Rost, J. Sparnfeldt, S. Buch (Hrsg.). Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. 5. Aufl. Beltz: Weinheim/Basel, 742-749

Buchholz, J., Jesgarz, M., Schneeweiß, N. (2022). Mit interaktiven Präsentationen selbstgesteuertes Lernen unterstützen - Anleitung für genial.ly. Online unter: 10.13140/RG.2.2.35683.48162 (Zugriff am: 15.06.2023)

Buchholz, J., Jesgarz, M., Schneeweiß, N., Sieve, B. (2022). Mit digitalen Lernumgebungen das selbstgesteuerte Lernen chemischer Sachverhalte unterstützen. CHEMKON, 29 (S1), 319-324

Dyrna, J. (2021a). Selbstgesteuertes Lernen. Begriffsbestimmung und Operationalisierung. In Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung. Ein Handbuch für Theorie und Praxis. Münster: Waxmann, 65-83

Dyrna, J. (2021b). Selbstgesteuert, -organisiert, -bestimmt, -reguliert? Versuch einer theoretischen Abgrenzung. In Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung. Ein Handbuch für Theorie und Praxis. Münster: Waxmann, 84-106

Dyrna, J. (2021c). Mit digitalen Medien selbstgesteuert lernen? Ansätze zur Ermöglichung und Förderung von Selbststeuerung in technologieunterstützten Lernprozessen. In Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung. Ein Handbuch für Theorie und Praxis. Münster: Waxmann, 247-261

Götz, T., Nett, U. (2017). Selbstreguliertes Lernen. In T. Götz (Hrsg.). Emotion, Motivation, selbstreguliertes Lernen. 2. Aufl. Paderborn: Ferdinand Schöningh, 143-184

Hasselhorn, M., Gold, A. (2017). Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren. 4. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer

KMK (2017). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse. Online unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_02_16-Qualifikationsrahmen.pdf (Zugriff am: 10.07.2023)

Perels, F., Dörrenbächer-Ulrich, L. (2018). Selbstreguliertes Lernen und (technologiebasierte) Bildungsmedien. In H. Niegemann, A. Weinberger (Hrsg.). Lernen in Bildungstechnologien (=Springer Reference Psychologie), Berlin/Heidelberg: Springer, 1-13

Perels, F., Dörrenbächer-Ulrich, L., Landmann, M., Otto, B., Schnick-Vollmer, K., Schmitz, B. (2020). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild, J. Möller (Hrsg.). Pädagogische Psychologie. 3. Aufl. BerlIn Springer, 45-68

Reinmann, G., Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp, B. Weidenmann. Pädagogische Psychologie. 5. Aufl. Beltz: Weinheim/Basel, 613-658

Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2000). Individuelles Wissensmanagement. Strategien für den persönlichen Umgang mit Information und Wissen am Arbeitsplatz. Bern: Huber

Riedel, J. (2021). Methoden zur direkten und indirekten Förderung des selbstgesteuerten Lernens. In Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung. Ein Handbuch für Theorie und Praxis. Münster: Waxmann, 175-190

Walber, M. (2003). Lernen in virtuellen webbasierten Lernumgebungen. In U. Witthaus, W. Wittwer, & C. Espe (Hrsg.). Selbst gesteuertes Lernen. Theoretische und praktische Zugänge. Bielefeld: Bertelsmann, 209-222

Melanie Jordans[1]
Josef Riese[1]

[1]Universität Paderborn

Planung von Physikunterricht mit sinnvoller Einbettung digitaler Medien: Welches Wissen wird dabei genutzt?

Motivation

Die Bedeutung digitaler Medien für den Fachunterricht steigt in den letzten Jahren zunehmend an, besonders durch die stärkere Verankerung medienbezogener Kompetenzen in Lehrplänen, Bildungsstandards (KMK, 2019) sowie in Kerncurricula für den Vorbereitungsdienst (z.B. MSB NRW, 2021). Aufgrund dessen sind Lehrkräfte vermehrt gefordert, Unterricht mit Einbettung digitaler Medien zu planen, wobei sie auf entsprechende Fähigkeiten angewiesen sind. Um einen wirkungsvollen Einsatz digitaler Medien zu erreichen, sollten diese nämlich sinnvoll in den Unterrichtskontext integriert werden (z.B. Hillmayr et al., 2017). Auf welche Aspekte des Professionswissens bei der Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeiten vor allem in schulpraktischen Phasen zurückgegriffen wird (z.B. Rothland, 2021; Riese et al., 2022), wenn insbesondere auch digitale Medien didaktisch sinnvoll einzubetten sind, ist bisher unklar. Aktuelle didaktische Diskussionen betonen dabei eher technische und organisatorische Aspekte, wenn es um den Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht geht. Vor diesem Hintergrund werden mittels eines Performanztests die Zusammenhänge zwischen der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung und zugrundeliegenden Wissensbeständen mit besonderem Fokus auf die Einbettung digitaler Medien von Physiklehramtsstudierenden über ein Praxissemester untersucht.

Theoretischer Hintergrund

Ziel der Planung von Unterricht ist die Ausbildung von Handlungsskripten und -routinen, um flexibles Unterrichtshandeln der Lehrkraft zu ermöglichen (vgl. Stender, 2014). Bei der schriftlichen Unterrichtsplanung handelt es sich um einen zirkulären Prozess, bei dem zunächst die Ausgangsbedingungen analysiert werden, darauf aufbauend Entscheidungen über weitere Unterrichtsaktivitäten getroffen werden und später über den Unterricht reflektiert wird (vgl. Shavelson & Stern, 1981). Dabei werden die zwei Zielklassen: *Kreation* (Vorbereitung möglicher Unterrichtshandlungen) und *Legitimation* (Begründung bereits erdachter Handlungen) verfolgt (vgl. Vogelsang & Riese, 2017), welche bei einer qualitativ hochwertigen Planung beide gleichermaßen erfüllt sein sollten.

Um bei der Erfassung der Planungsfähigkeit eine möglichst hohe Standardisierung unter kontrollierten Bedingungen sowie authentische Handlungssituationen zu schaffen, wurde im Projektverbund ProfiLe-P+ ein *Performanztest* (nach Miller, 1990) als Erhebungsinstrument konzipiert. Dieser wurde als Paper-Pencil-Test entwickelt, in dem die Lehramtsstudierenden eine realitätsnahe Planung einer Unterrichtsstunde zum Wechselwirkungsprinzip anhand eines vorstrukturierten Planungspapiers bewältigen sollen (Schröder et al., 2020). Mithilfe dieses Testinstruments und weiteren Leistungstests (vgl. z.B. Riese et al., 2015) wurden Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen und der Performanz bei der schriftlichen Unterrichtsplanung untersucht. Hierbei zeigte sich, dass das fachdidaktische Wissen (FDW) sowie das pädagogische Wissen (PW) von angehenden Physiklehrkräften zu Beginn des Praxissemesters positiv mit der Entwicklung der Unterrichtsplanungsfähigkeiten (UPF) über

ein Praxissemester korrelieren (vgl. Riese et al., 2022). Ein gegenläufiger Einfluss sowie ein Einfluss des Fachwissens (FW) auf die Entwicklung der UPF konnten hingegen nicht gezeigt werden.

Ziele

In diesem Projekt wird zunächst der Planungsperformanztest von Schröder et al. (2020) im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien weiterentwickelt (Z1), um im Anschluss die gezeigten Zusammenhänge zwischen der UPF und dem Professionswissen von Riese et al. (2022) in einem angrenzenden Themenbereich replizieren und möglicherweise verallgemeinern zu können (Z2). Zudem soll untersucht werden, welche Aspekte des FDW bewusst bei der Planung von Physikunterricht mit Einbettung eines digitalen Mediums herangezogen bzw. als hilfreich oder weniger hilfreich angesehen werden. Mittels dieser Identifikation von bedeutsamen Wissensaspekten für die Unterrichtsplanung sollen die obigen Zusammenhänge weiter aufgeklärt werden (Z3).

Studiendesign

Zur Untersuchung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung insbesondere mit Einbettung digitaler Medien (UPF-DM) von Physiklehramtsstudierenden sowie deren Entwicklung über ein Praxissemester wurde der zuvor beschriebene Performanztest aus dem Projekt ProfiLe-P+ (Schröder et al., 2020) hinsichtlich des fachlichen Inhalts der zu planenden Unterrichtsstunde und des Testformats weiterentwickelt. In diesem adaptierten Testinstrument wird von den Studierenden nun gefordert, eine Doppelstunde Physikunterricht mit Einbettung eines digitalen Mediums zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung unter Nutzung des Online-Tools *LimeSurvey* und mit standardisierten Vorgaben (u.a. Beschreibung der Lerngruppe, Vorerfahrungen, Lernziele) zu planen und zu begründen. Mittels vorstrukturierter Arbeitsaufträge erfolgt die Dokumentation relevanter Aspekte der Unterrichtsplanung wie z.B. *fachdidaktische* und *medienbezogene Aspekte*, *Arbeitsauftrag bzw. Fragestellung*, *Sicherungsbeitrag*, *Begründungen* und *Verlaufsplan*.

Der Performanztest zur UPF-DM wurde an vier deutschen Universitäten im Längsschnitt über das Praxissemester zusammen mit vorhandenen Leistungstests zum FDW (Jordans et al., 2022 adaptiert von Gramzow, 2015), zum FDW bzgl. des Einsatzes digitaler Medien (FDW-DM, Große-Heilmann et al., 2022) sowie zum PW (adaptiert von Seifert et al., 2009) eingesetzt. Neben dieser Erhebungseinheit zur Untersuchung der Veränderungen und Zusammenhänge zwischen der Performanz und den Bereichen des Professionswissens wurden ebenfalls demografische Daten als auch Informationen zum Umfang und zu Aspekten der Beratung während des Praxissemesters erhoben. Bisher konnten längsschnittliche Daten zur UPF-DM für N=30 Personen erhoben und davon mit N=11 Personen retrospektive Interviews zur Nutzung des Professionswissens bei der Unterrichtsplanung geführt werden.

Bewertung von Planungen (Z1 und Z2)

Zur Bewertung der schriftlichen Planungen des weiterentwickelten Performanztests wird eine Heuristik (vgl. Abb. 1) genutzt, mit der unterschiedliche Aspekte der Unterrichtsplanungen hinsichtlich lokaler Qualitätsausprägung (z.B. nachvollziehbare Beschreibung des Medieneinsatzes) und globaler Qualitätsausprägung (z.B. Kohärenz unterschiedlicher Aspekte) betrachtet werden. Zusätzlich wird zu einigen Aspekten der erstellten Planungen auch die Begründungsqualität bewertet. Nicht bewertete Planungsaspekte (rote Kreuze in Abb. 1) resultieren daraus, dass diesbezüglich keine Ausführungen erwartet werden, da beispielsweise

durch die Planungsaufgabe entsprechende Vorgaben gemacht werden. Zu den insgesamt sieben bewertbaren Planungsaspekten (Abb. 1) konnten aus Praxisratgebern, Lehrbüchern und dem Bewertungsmodell von Schröder et al. (2018) deduktiv Items abgeleitet werden, welche durch Beispiele bearbeiteter Planungstests erweitert wurden. Der möglichst didaktisch begründete Einsatz des digitalen Mediums in den Kontext der gesamten Unterrichtsstunde wird vor allem mittels Items zu den Aspekten Messwerterfassung und Digitale Medien bewertet. Zur Bewertung des Aspekts *Digitale Medien* werden beispielsweise folgende Items betrachtet: Begründung zur Wahl/Eignung des gewählten digitalen Mediums, verständliche und eindeutige Darstellung des Medieneinsatzes sowie Passung des digitalen Mediums zu den Lernvoraussetzungen der Schüler:innen. Allerdings sollte eine Unterrichtsplanung mit Einbettung digitaler Medien die allgemeinen bzw. nicht medienspezifischen Bewertungsaspekte in gleicher Weise erfüllen wie eine Planung ohne Einbindung eines digitalen Mediums, um im Gesamten als qualitativ hochwertig gesehen zu werden.

Aspekt	Lokal	Global	Begründungen
Fachlicher Inhalt	✓	✓	✗
Kompetenzen	✗	✓	✗
Lernvoraussetzungen	✓	✓	✗
Kontext	✓	✓	✓
Aufgaben	✓	✓	✓
Messwerterfassung	✓	✓	✓
Digitale Medien	✓	✓	✓

Abb. 1: Heuristik zur Bewertung der Planungen (angelehnt an Schröder et al., 2018).

Um einen Aspekt der Validität des Bewertungsmanuals zu überprüfen, wird im Weiteren geklärt, inwieweit ein hoher Testscore auch mit einer augenscheinlich hohen Qualitätseinschätzung der Planungen von Expert:innen einhergeht. Dazu sollen Fachleitungen als Betreuer:innen angehender Physiklehrkräfte während des Praxissemesters und der zweiten Ausbildungsphase zur Einschätzung verschiedener Planungsprodukte gebeten werden, indem sie in einem Kurzinterview ausgewählte Planungstests mittels ihrer individuellen Kriterien und einer Gewichtung bewerten sollen. Anschließend soll ein Vergleich mit den Testscores, welche sich aus dem Bewertungsmanual ergeben, vorgenommen werden.

Interviewstudie (Z3)

Mittels leitfadengestützter Interviews auf Grundlage der Antworten der Studierenden im Planungsperformanztest wird untersucht, welche Aspekte des FDW von ihnen bei der Planung von Physikunterricht herangezogen bzw. als hilfreich oder weniger hilfreich angesehen werden und welche Aspekte für die Entwicklung der UPF bedeutsam sind. Damit Wissenselemente und mögliche Veränderungen über das Praxissemester zielgerichteter abgerufen werden konnten, wurde den Studierenden eine Auswahl ihrer selbst gegebenen Testantworten als Stimuli vorgelegt. Ausgewählt wurden diese z.B. hinsichtlich des Grads der Veränderung zwischen Prä- und Posttest oder anderen auffälligen Merkmalen. Die Interviews (jeweils ca. 60 Minuten) wurden audioaufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Erste Eindrücke lassen ein paar überblicksartige Aussagen im Hinblick auf die Nutzung des FDW bei der Unterrichtsplanung zu. Bewusst wird vor allem auf Erfahrungen aus praktischen Phasen bzw. Rückmeldungen von Ausbildungslehrkräften zurückgegriffen. Wissen zur Strukturierung des Unterrichts, Gestaltung von Einstiegen, Experimenten sowie auch zum Einsatz digitaler Medien scheinen für die Studierenden bei der Planung hilfreich zu sein. Als weniger hilfreich zeigen sich Modelle oder Planungsschemata, die nicht zuvor in praktischen Phasen angewendet wurden. Für tiefergehende Analysen wird in einem folgenden Schritt ein Kategoriensystem entwickelt, dass eine Auswertung der Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse ermöglicht.

Literatur

Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen, 181. Berlin: Logos Verlag.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J. P., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. Education Sciences, 12(7), 440.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Zentrum für internationale Vergleichsstudien (ZIB). Münster: Waxmann Verlag.

Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung virtuell 2021. Tagungsband GDCP, 764–767.

KMK (2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019).

Miller, G.E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/&Performance. Academic Medicine, 64(9), 63-67.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2021). Kerncurriculum für die Lehrerausbildung im Vorbereitungsdienst – Verbindliche Zielvorgabe der schulpraktischen Lehrerausbildung in Nordrhein-Westfalen. Bildungsland NRW.

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.). Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Didaktik (S. 55-79). Weinheim: Beltz Juventa.

Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., & Schecker, H. (2022). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen?. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 1-25.

Rothland, M. (2021). Anmerkungen zur Modellierung und Operationalisierung (allgemeindidaktischer) Unterrichtsplanungskompetenz. Unterrichtswissenschaft, 49. https://doi.org/10.1007/s42010-021-00111-0.

Schröder, J., Vogelsang, C. & Riese, J. (2018). Erfassung der Performanz bei der Planung von Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. GDCP Jahrestagung in Regensburg 2017. Tagungsband Universität Regensburg, 871-874.

Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 26, 103-122. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00115-w.

Seifert, A., Hiiligus, A. H. & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 2(1), 82–103.

Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. Review of Educational Research, 51(4), 455–498.

Stender, A. (2014). Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Berlin: Logos.

Vogelsang, C. & Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung „gut"? Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), Die Unterrichtsplanung - Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! (S. 47–61). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Stephanie Eugster Pädagogische Hochschule St. Gallen
Mathias K. Kirf Pädagogische Hochschule St. Gallen

Mit Mikrocontrollern: Dynamische Daten in den Naturwissenschaften

Einleitung

Die Analyse und Interpretation von Daten spielten schon im analogen Zeitalter der Naturwissenschaften eine zentrale Rolle. Mit dem digitalen Zeitalter und der Verfügbarkeit großer Datenmengen gewinnt das Verständnis der Datendynamik für einen erfolgreichen didaktischen Zugang zu den Naturwissenschaften zunehmend an Bedeutung. Hierbei bezieht sich Datendynamik auf die Echtzeitvisualisierung von Datenreihen und Ereignissen. Dieser Artikel nutzt Fachliteratur und Erfahrungen in den Bereichen Fotosynthese und UV-Strahlung, um den Einsatz von Mikrocontrollern zur dynamischen Visualisierung in den Naturwissenschaften zu bewerten - eine SWOT-Analyse.

Theoretischer Hintergrund

Der Begriff "Dynamische Daten" bezieht sich auf die Erfassung und Echtzeitvisualisierung von Datenreihen sowie Datenereignissen. „Dynamische Daten" erfassen Veränderungen in abhängigen Variablen bei Änderungen der unabhängigen Variablen. Diese Daten werden mithilfe hochauflösender Sensoren erfasst und in Echtzeit mit technisch-digitalen Werkzeugen visualisiert.

Moderne, benutzerfreundliche Hardware und Software für Bildungszwecke, wie Arduino, Calliope, micro:bit und Raspberry Pi, haben die Datenerfassung vereinfacht. Diese Plattformen bieten integrierte Sensoren und gut dokumentierte Online-Ressourcen. Die einfache Programmierbarkeit ermöglicht die Implementierung von Aktoren zur Realisierung von Feedback-Möglichkeiten der unabhängigen Variable, was zu Zeitersparnissen und einer erleichterten Datenanalyse führt.

Die Verwendung von Echtzeitdaten in der schulischen Praxis zeigt positive Auswirkungen auf das Lernen und die Entwicklung von Fähigkeiten. Studien haben gezeigt, dass Echtzeitdaten die Problemlösungsfähigkeiten, Kreativität und Selbstregulierung fördern können, insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht (Jo & Ku, 2011). Selbst durchschnittlich begabte Schüler:innen konnten ihre Fähigkeiten zur Interpretation von Datenreihen durch die Verwendung von Echtzeitdaten verbessern (Deniz & Dulger, 2012).

Frühere Arbeiten von Thornton und Sokoloff (1990) sowie Svec (1995) zeigten, dass die aktive Manipulation von Experimenten und die Erfassung von Echtzeitdaten die Lernleistung und das konzeptionelle Verständnis der Schüler:innen verbessern können. Diese Ergebnisse unterstreichen die positiven Auswirkungen von Echtzeitdaten im schulischen Kontext.

Diskussion mittels SWOT-Analyse

Der Einsatz von Mikrocontrollern für die dynamische Visualisierung von Daten in den Naturwissenschaften wurde auf der Basis von Fachliteratur und Beobachtungen im Themenfeld Fotosynthese mittels einer SWOT-Analyse geordnet. Die Methode der SWOT-Analyse dient der übersichtlichen Darstellung von Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats).

Stärken – Strengths
Dynamische Visualisierungen bieten im schulischen Kontext zahlreiche Vorteile. Sie liefern oft mehr und relevantere Informationen im Vergleich zu statischen Illustrationen. Durch die Verwendung dynamischer Daten werden Veränderungsraten erlebbar, und Schüler:innen können naturwissenschaftliche Phänomene mit ihrem eigenen Zeitgefühl in Verbindung bringen (Suyatna et al., 2017; Wilhelm, 2005). Die Untersuchung von Extrema und relativen Werten in dynamischen Daten kann für Schüler:innen besonders interessant und motivierend sein. Dies bietet Anknüpfungspunkte für Diskussionen und fördert die Neugier, Experimente durch Änderung der Bedingungen zu erzeugen und zu untersuchen. Die zeitliche Dynamik der Daten erleichtert die Veranschaulichung komplexer Prozesse und Ursache-Wirkungs-Beziehungen (Ryoo & Linn, 2014). Schüler:innen können intuitivere Kategorien wie "schneller" oder "langsamer" verwenden, um diese Zusammenhänge zu verstehen. Die Nutzung von Mikrocontrollern zur Datenerfassung spart Zeit und ermöglicht es den Schüler:innen, aktiv an Experimenten teilzunehmen und Hypothesen zu überprüfen (Deniz & Dugler, 2012; Rogers, 1995; Suriyaarachchi et al., 2022b; Suyatna et al., 2017; Trumper & Gelbman, 2022). Darüber hinaus ist das Verständnis für die Sammlung, Analyse und Nutzung von Echtzeitdaten auf verschiedene naturwissenschaftliche Experimente übertragbar. Dies trägt zur Entwicklung eines breiteren Wissensfundaments bei (Grillenberger & Romeike, 2017). Die Bedeutung des Konzepts von Echtzeitdaten, die durch Sensoren generiert werden, nimmt in aufstrebenden Technologien wie dem Internet der Dinge (IoT) kontinuierlich zu. Dies zeigt, wie relevant und zukunftsweisend das Verständnis dieser Konzepte für Schüler:innen ist.

Schwächen – Weaknesses
Echtzeitdaten bieten zwar viele Vorteile, weisen jedoch auch bestimmte Schwächen auf. Schnelle Prozesse und Veränderungen erlauben es nicht immer, die Datenentwicklung in Ruhe zu beobachten. Dies kann die Verwendung von Echtzeitdaten in solchen Situationen einschränken. Zudem können dynamische Darstellungen bei großen Datenmengen die Datenauflösung verringern, was zu einer übermäßigen Betonung von Extrema führen kann. Adaptive Achsenskalierungen könnten dieses Problem lösen, erfordern jedoch eine hohe Datenkompetenz bei den Lernenden. In einigen Fällen sind dynamische Darstellungen nicht effektiver als statische Abbildungen, insbesondere wenn komplexe dynamische Datenverläufe vorliegen, die ein hohes Maß an Vorwissen erfordern (Ryoo & Linn, 2014). Die Generierung dynamischer Daten erfordert oft einen höheren experimentellen und apparativen Aufwand, was zusätzliche Investitionen bedeutet. Dies kann zu Problemen wie unzuverlässiger Datenerfassung, Messungenauigkeit und Qualität der Sensoren führen. Dies erhöht die Anforderungen an technisches Know-how und Ressourcen. Schüler:innen können Schwierigkeiten bei der Programmierung, Datenanalyse und Interpretation haben, insbesondere bei großen Datenmengen (Suriyaarachchi et al., 2022a). Die Unvorhersehbarkeit von Echtzeitdaten kann zu unerwarteten Messergebnissen und Interpretationsschwierigkeiten führen. Dies kann gerade am Anfang frustrierend sein und erfordert Unterstützung.

Chancen – Opportunities
Lernsettings mit dynamischen Daten bieten zahlreiche Chancen für Schüler:innen. Sie machen abstrakte naturwissenschaftliche Phänomene zugänglicher und erlebbar, fördern das Interesse an Naturwissenschaft und Technologie und beeinflussen positiv die Art der Programme sowie die Motivation der Schüler:innen zum Programmieren (Suyatna et al., 2017; Wilhelm, 2005;

Jo & Ku, 2011). Echtzeit-Inputs aus der physischen Umwelt verbessern die Programmierfähigkeiten und fördern die Motivation und das Interesse der Schüler:innen (Pappas et al., 2022; Suriyaarachchi et al., 2022a; Suriyaarachchi et al., 2022b). Schüler:innen können ihre Datenkompetenz für reale Daten verbessern und durch die digitale Verarbeitung dynamischer Daten automatisiert und zeitlich ausgedehnt experimentieren. Dies fördert das selbstgesteuerte Lernen, die Problemlösefähigkeiten und die Entwicklung von Datenanalyse- und Programmierfähigkeiten (Jo & Ku, 2011; Deniz & Dulger, 2012; Suriyaarachchi et al., 2022b). Moderne Technologien ermöglichen gemeinsames Lernen und kollaboratives Arbeiten. Schüler:innen helfen sich gegenseitig bei der Lösung von Programmierproblemen und tauschen Ideen aus. Dies verändert das Bild von MINT-Berufen und betont die Kreativität im Programmieren (Suriyaarachchi et al., 2022a). Zudem eröffnen neue Technologien die Möglichkeit, vertiefte und innovative Erkenntnisse zu gewinnen.

Risiken – Threats

Sowohl Lehrende als auch Lernende stehen vor der Herausforderung, die relevanten Datenmerkmale und Dynamiken zur Vertiefung des Verständnisses des betrachteten Phänomens richtig einzuschätzen. Zum Beispiel ist bei der Interpretation der Fotosynthese zu berücksichtigen, dass der CO2-Anstieg in Dunkelphasen auch von heterotrophen Organismen stammen könnte und nicht ausschließlich die Zellatmung autotropher Organismen darstellt. Eine ähnliche Herausforderung besteht darin, nicht zu stark auf auffällige, aber unwichtige Details der Dynamik zu fokussieren, wie Ausreißer oder Störungen. Es ist ebenso unzureichend, sich mehr auf die Faszination der Dynamik als auf den inhaltlichen Wert der Daten zu konzentrieren. Komplexe Abhängigkeiten, z. B. von Temperaturverläufen oder nichtlinearen Effekten bei Messungen in der Gasphase, können die Interpretation erschweren und verzerrte Zusammenhänge schaffen. Unerkannte Querbeeinflussungen oder unerwartete Ereignisse können das Risiko von Scheinmessungen erhöhen, was die Glaubwürdigkeit der generierten Daten beeinträchtigen kann. Zudem ist zu beachten, dass Live-Messungen immer mit einer gewissen Ausfallwahrscheinlichkeit verbunden sind, im Gegensatz zu statischen Materialien und traditionellen Stundenplänen (Ryoo & Linn, 2012, 2014; Zhang & Linn, 2011). Die Datensammlung birgt auch Datenschutz- und Datensicherheitsrisiken, insbesondere wenn Schüler:innen persönliche oder vertrauliche Informationen erfassen. Schulen und Lehrkräfte sollten klare Richtlinien und Verfahren etablieren, um die Privatsphäre und die individuellen Rechte der Schüler:innen zu schützen.

Umsetzung und Fazit

Thornton und Sokoloff (1990) haben bereits grundlegende Anforderungen für die Arbeit mit Echtzeitdaten formuliert, die auch heute noch relevant sind. Dazu gehören die Befreiung von zeitaufwändigen Datenerhebungs- und Visualisierungsprozessen, die Möglichkeit der Echtzeit-Datenpräsentation für sofortiges Feedback, die Nutzung der freigesetzten Zeit für mehr und vielfältige Experimente pro Lektion sowie die Vielseitigkeit und Freiheit bei der Verwendung technischer Werkzeuge, um den Schwerpunkt auf das Experimentieren zu legen. Die Erzeugung und Interpretation dynamischer Daten bieten didaktisches Potenzial und werden durch Fortschritte bei Mikrocontrollern wie dem Micro:bit und die einfache blockbasierte Programmierung noch attraktiver. Obwohl der apparative Aufwand höher ist, wird er oft durch das bessere Verständnis der dynamischen Zusammenhänge gerechtfertigt.

Dieser Beitrag beleuchtet einen Teilaspekt aus nachfolgendem Artikel derselben Autoren: Eugster, S., & Kirf, M. (in Druck). Mit Mikrocontrollern: Dynamische Daten in den Naturwissenschaften – eine SWOT-Analyse. Progress in Science Education (PriSE).

Literatur

Deniz, H. & Dulger, M. F. (2012). Supporting Fourth Graders' Ability to Interpret Graphs Through Real-Time Gra-phing Technology: A Preliminary Study. Journal of Science Education and Technology, 21(6), 652–660. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9354-8

Eugster, S., & Kirf, M. (in Druck). Mit Mikrocontrollern: Dynamische Daten in den Naturwissenschaften – eine SWOT-Analyse. Progress in Science Education (PriSE).

Grillenberger, A. & Romeike, R. (2017). Real-Time Data Analyses in Secondary Schools Using a Block-Based Pro-gramming Language. In Informatics in Schools: Focus on Learning Programming: 10th International Conference on In-formatics in Schools: Situation, Ecolutione, and Perspectives, ISSEP 2017, Helsinki, Finland, November 12-15, 2017, Proceedings 10 (S. 207–218).

Jo, S. & Ku, J.-O. (2011). Problem Based Learning Using Real-Time Data in Science Education for the Gifted. Gifted Education International, 27(3), 263–273. https://doi.org/10.1177/026142941102700304

Pappas, G., Siegel, J., Vogiatzakis, I. N. & Politopoulos, K. (2022). Gamification and the Internet of Things in Educa-tion. In M. Ivanovic, A. Klasnja-Milicevic & L. C. Jain (Hrsg.), Handbook on Intelligent Techniques in the Educa-tional Process (29. Aufl., S. 317–339). Springer.

Rogers, L. T. (1995). The computer as an aid for exploring graphs. School Science Review(76), 31.

Ryoo, K. & Linn, M. C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? Journal of Research in Science Teaching, 49(2), 218–243. https://doi.org/10.1002/tea.21003

Ryoo, K. & Linn, M. C. (2014). Designing guidance for interpreting dynamic visualizations: Generating versus reading explanations. Journal of Research in Science Teaching, 51(2), 147–174. https://doi.org/10.1002/tea.21128

Suriyaarachchi, H., Denny, P., Cortes, J. P. F., Weerasinghe, C. & Nanayakkara, S. (2022a). Primary School Students Programming with Real-Time Environmental Sensor Data. In Australasian Computing Education Conference (85.94). ACM.

Suriyaarachchi, H., Denny, P. & Nanayakkara, S. (2022b). Scratch and Sense: Using Real-Time Sensor Data to Moti-vate Students Learning Scratch. In Proceedings of the 53rd ACM 2022 Technical Symposium on Computer Science Education.

Suyatna, A., Anggraini, D., Agustina, D. & Widyastuti, D. (2017). The role of visual representation in physics learning: dynamic versus static visualization. Journal of Physics: Conference Series, 909, 12048. https://doi.org/10.1088/1742-6596/909/1/012048

Svec, M. T. (1995). Effect of Micro-Computer Based Laboratory on Graphing Interpretation Skills and Understanding of Motion. https://eric.ed.gov/?id=ed383551

Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. American Journal of Physics, 58(9), 858–867.

Trumper, R. & Gelbman, M. (2002). What Are Microcomputer-Based Laboratories (MBLs) for? An Example from Introductory Kinematics. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 21(3), 207–227. https://www.learntechlib.org/p/9263/

Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und … https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docid/3310

Zhang, Z. H. & Linn, M. C. (2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? Journal of Research in Science Teaching, 48(10), 1177–1198.

Julian Hillebrand[1]
Michael Komorek[1]
Kai Bliesmer[1]

[1]Universität Oldenburg

Funktionsprinzip von Wärmepumpen verstehen

Aufgrund hoher Treibhausgas-Emissionen im Wärmesektor (BMWK/BMWSB, 2022) sind neue Konzepte zum Heizen von Gebäuden notwendig. Wärmepumpen werden in der aktuellen energiepolitischen Diskussion als Schlüsseltechnologie zur Reformation des Wärmesektors betrachtet. Laien (Bürger:innen, junge Erwachsene) können dieser Diskussion aber häufig nur bedingt folgen, weil ihnen die physikalischen und die technischen Grundlagen fehlen. Ihre energiebezogene Mündigkeit (vgl. Höffe, 1996; Reheis, 2016) ist daher begrenzt, sodass auch ihre Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen eingeschränkt ist (vgl. Weißeno, Hufer, Kuhn, Massing & Richter, 2007; von Wensierskie, 2015). Das vorliegende Projekt soll die Mündigkeit von erwachsenen Laien und Schüler:innen hinsichtlich Wärmepumpen unterstützen. Dies bedeutet im Detail, dass fachliches Lernen mit der Entwicklung einer Bewertungs- und Entscheidungskompetenz hinsichtlich energie- und klimabezogener Herausforderungen verknüpft werden. Als ein Weg, dieses Ziel zu erreichen, ist ein non-formales Lehr-Lern-Angebot für das Schülerlabor physiXS an der Universität Oldenburg entwickelt und mit einer Gruppe von erwachsenen Laien erprobt worden. Durch die Auswahl der Versuchspersonen ist das Schülerlabor zum ‚Bürgerlabor' geworden.

Der Entwicklung der Lern-Angebots liegt das sehr praxisnahe Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012) zugrunde. Im ersten Schritt hat eine fachliche Klärung der thermodynamischen Prozesse stattgefunden, die in eine Elementarisierung gemündet ist, die wiederum Grundlage für die didaktische Strukturierung eines Lernangebots, also seine konkret Planung bildet. Ein Elementarium besteht darin, dass die Wärmepumpe einen thermodynamischen Kreisprozess erzeugt. Eine weitergehende Elementarisierung für die Zielgruppe der Erwachsenen besteht in der Unterscheidung von vier Teilprozessen, der Verdampfung eines Wärmetransportmittels, seiner Kompression, seiner Kondensation und seiner (erneuten) Expansion/Entspannung (vgl. Abb. 1)
Auf Basis bekannter Laienvorstellungen zu thermodynamischen Prozessen (vgl. Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018) ist ein Pilotangebot für das Bürgerlabor didaktisch strukturiert worden. Dieses ist ‚kontextstrukturiert' (vgl. Nawrath, 2010), indem von der problematischen Heizsituation in Deutschland ausgegangen wird, in der die Probanden Lösungen für die Heizversorgung entwickeln sollen und dabei das Heizen mit der Wärmepumpe als ein Lösungsszenario angeboten bekommen. Die Wärmepumpe und der bei ihr ablaufende Prozess ist von den Probanden zunächst zu entschlüsseln.
Das entstandene Lehr-Lern-Angebot ist Teil vermehrter Bildungsangebote im Bereich energie- und klimabezogener Mündigkeit. Zielgruppen sind Schüler:innen und Schulklassen, Studierende, Laien aus der Bürgerschaft der Region Nordwest Niedersachsen sowie Multiplikatoren (Stakeholder aus Politik, Wirtschaft, Medien, Vertreter:innen von NGO). Auch Fortbildungen für Lehrkräfte gehören zu diesem Angebotsspektrum, das sich grundsätzlich einem ‚public understanding of science' im Bereich Energie und Klima verpflichtet sieht. Das hier vorgestellte Teilprojekt zum Thema Wärmepumpe ist im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit (Hillebrand, 2023) entstanden.

Wärmepumpe: Fachliche Klärung und Elementarisierung

Die fachliche Klärung führt auf zentrale physikalische Phänomene und Beziehungen. Eine nachfolgende Elementarisierung geht noch darüber hinaus, indem zentrale Aussagen formuliert werden; diese sind abhängig von der Zielgruppe, von deren fachbezogenen Vorstellungen, von Kontexten und von Zielen in einem Lehr-Lern-Prozess sind (vgl. Duit et al., 2012).

Die fachliche Klärung führt auf einen Kreisprozess (Kaltdampfprozess) mit vier Teilprozessen/Phänomenen (s. Abb. 1). Bei der fachlichen Klärung muss man die Klärung der Funktion der technischen Bauteile einer handelsüblichen Wärmepumpe von der Klärung der thermodynamischen Teilprozesse unterscheiden. Dies ist deswegen wichtig, weil man auch in der Kommunikationen z. B. mit erwachsenen Laien diese beiden Ebenen unterscheiden muss. Denn die physikalischen Teilprozesse sind bei allen Wärmepumpen gleich, doch unterscheiden sich die technischen Realisationen. Als elementare Teilprozesse lassen sich vier unterscheiden, die insgesamt Wärmeenergie aus der relativ kühlen Umgebung (Luft, Erdwärme, Wärme von Grundwasser) transportieren. Das bedeutet, dass der Fluss der Energie von der Umgebung eines Hauses ins Innere des Hauses erfolgt (daher der Begriff der Wärme'pumpe''), während sich das Wärmetransportmittel im Kreis bewegt.

Die vier Teilprozesse, die mit den Energietransport in Verbindung stehen, sind erstens die Verdampfung der Wärmetransportmittels im geschlossen Kreislaufsystem. Für das Verdampfen wird Energie benötigt, die die Umgebung liefert; sie kühlt ab. Kühles Grundwasser wird dadurch noch kühler. Für einen Lernprozesse kann hier eine erst kognitive Hürde bestehen, weil es kontraintuitiv ist, dass die kalte Umgebung eines Haus das Innere des Haus heizen kann. Der zweite Teilprozess ist die Verdichtung der Wärmeenergie durch eine adiabatische Kompressen. Im Rahmen der Gasgesetze nimmt die Temperatur zu, die Wärmeenergie befindet sich in einem kleineren Volumen, sodass die Energiedichte steigt. Im Inneren des Hauses kondensiert das heiße Medium in einem Wärmetauscher und gibt dabei die Wärmeenergie an das Heizwasser ab. Der Übertrag funktioniert in diesem dritte Schritt aufgrund der Temperaturdifferenz. Im vierten Schritt findet eine Entspannung bzw. eine Expansion des Wärmetransportmediums statt, sodass es danach erneut verdampfen kann, was den Kreisprozess schließt.

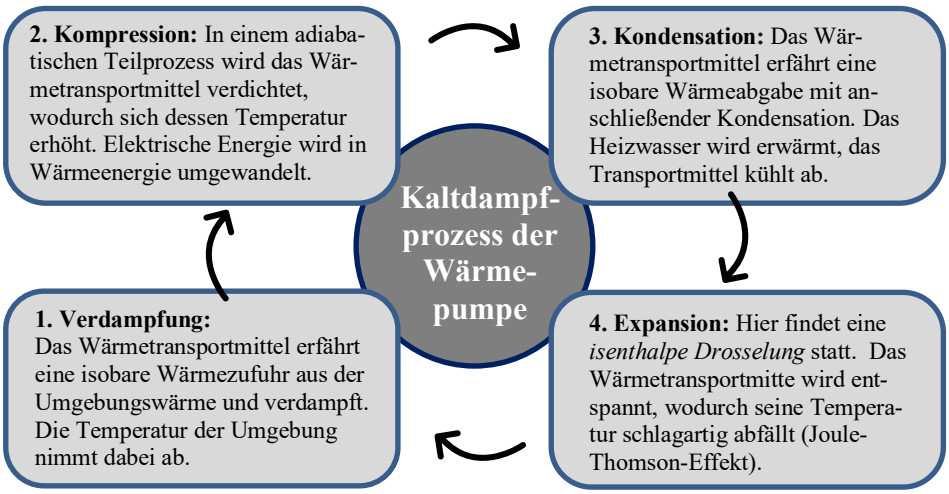


Abb. 1 Der Kaltdampfprozess der Wärmepumpe mit den vier Teilprozessen der Verdampfung, der Kompression, der Kondensation und der Expansion eines Wärmetransportmittels

Didaktische Strukturierung eines Lernangebot zur Wärmepumpe

Das hier entwickelte Angebot zur Vermittlung des Funktionsprinzips einer Kompressionswärmepumpe ist als Kurs im Schülerlabor physiXS strukturiert. Es haben Schüler:innen der 9. bis 13. Klasse und interessierte erwachsene Laien teilgenommen. Der Kurs setzt darauf, dass jeder der vier Teilprozesse durch ein elementares Experiment erfahrbar gemacht wird. So wird die Temperaturerhöhung bei Kompression durch eine Luftpumpe verdeutlicht. Vergleichbar einfache Experimente kommen für das Verdampfen einer Flüssigkeit oder ihr Kondensieren zum Einsatz. Zusätzlich wird eine Struktur-Lege-Technik genutzt, bei der auf Karten die Elementaria, d. h. die vier elementaren Teilprozesse repräsentiert und durch weitere Karten mit Erklärungselementen ergänzt sind. Es wird hierbei darauf gesetzt, dass sich die theoretisch-begriffliche Ebene (repräsentiert durch die Karten) und die Phänomen-Ebene (hands-on-Experimente) gegenseitig unterstützen und beim Aufbau eines Verständnisses helfen. Dieses Vorgehen wird durch ein Wärmepumpen-Modell (ELWE) unterstützt, das eine technische Realisation darstellt und die Zuordnung der Teilprozesse zu technischen Komponenten erlaubt.

Das Angebot ist empirisch begleitetet worden. Mit quantitativen Instrumenten sind Vorwissen und fachbezogene Vorstellungen etwa zu Kreisprozessen pre und post der Intervention im Schülerlabor erhoben worden. Qualitative Interviews haben die Selbsteinschätzung hinsichtlich der Mündigkeit in Fragen nachhaltiger Energieversorgung durch Wärmepumpen, Geothermie, Dämmung etc. erhoben (Hillebrand, 2023).

Ergebnisse

Kreisprozess. Die beteiligten Laien haben große Schwierigkeiten nachzuvollziehen, was einen Kreisprozess ausmacht. Vielmehr wird ein linearer Prozess mit Beginn und Ende erwartet. Nach dem Laborangebot kann ein Verständnis dahingehend erkannt werden, dass die Probanden die Abfolge der Teilprozesse zwar als geschlossene Abfolge beschreiben, dass sie aber weiterhin Anfang und Ende definieren möchten.

Hand-on-Experimente zur Verdeutlichung der Elementaria. Die eingesetzten Experimente für die Teilprozesse, die mit Alltagsgegenständen die Kompression und die Expansion eines Gases demonstrieren und dies in Eigenaktivität erfahrbar machen, sind grundsätzlich geeignet, dass die Probanden die vermittelten theoretischen Modellvorstellungen nachvollziehen. Prozesse, die den Phasenwechsel des Wärmetransportmittels und das Konzept der Verdampfungswärme betreffen, sind für die Probanden schwierig nachzuvollziehen.

Wechselbezug von Begriffskarten, Funktionsmodell und Experimenten. Nicht ohne Hilfestellung durch die Laborleitung können die Probanden weder die Teilprozesse anhand der Experimente erklären noch den Bauteilen des Funktionsmodells der Wärmepumpe zuordnen. Auch hier zeigen sich Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Phasenwechsel und den dahinterstehenden energetischen Konzepten. Insgesamt scheint das Funktionsmodell für die Vermittlung der Funktionsweise einer Wärmepumpe geeignet zu sein, denn es lassen sich die ablaufenden Prozesse daran Schritt für Schritt nachvollziehen bzw. rekonstruieren. Dies funktioniert jedoch nur durch die Anleitung der Probanden.

Mündigkeit: Veränderungen im Bereich der Mündigkeit sind durch kurzzeitige Laborangebote aber nicht zu erwarten. Dennoch ist zu erkennen, dass die Probanden vor dem Laborbesuch lediglich formulieren konnten, dass eine Wärmepumpe klimaneutral arbeitet, aber nicht erklären konnten, was das bedeutet. Somit konnten sie auch keinen Vergleich z. B. zu einer Gasheizung herstellen. Dagegen konnten die Probanden nach dem Laborangebot die Funktionsweise der Wärmepumpe anhand des Funktionsmodells weitgehend erklären und auch eine Klima-Bewertung im Vergleich zur Gasheizung abgeben.

Literatur

BMWK/BMWSB. (2022). Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude. Verfügbar 2. August 2023 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2022/07/sofortprogramm-klimaschutz-gebaeude.html

Duit, R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and Learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective (S. 13-37). Sense Publishers.

Hillebrand (2023). Physikdidaktische Entwicklung und Erprobung eines non-formalen Lehr-Lern-Angebotes zum Funktionsprinzip von Wärmepumpen. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg

Höffe, O. (1996). Moral und Erziehung. In C. Gestrich (Hrsg.), Ethik ohne Religion? (S. 16–27). Wichern.

Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht (Diss.). Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Reheis, F. (2016). Politische Bildung : Eine kritische Einführung (2. Aufl.). Springer VS.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Spektrum.

von Wensierski, H.-J. (2015). Technische Bildung: Ein pädagogisches Konzept für die schulische und außerschulische Kinder- und Jugendbildung. Budrich.

Weißeno, G., Hufer, K.-P., Kuhn, H.-W., Massing, P., & Richter, D. (2007). Wörterbuch Politische Bildung. Schwalbach: Wochenschau.

Kai Bliesmer[1]
Michael Komorek[1]

[1]Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Energie- und Klimabildungszentrum

Aktuell richtet die Universität Oldenburg ein Energie- und Klimabildungszentrum ein. Es handelt sich dabei um einen non-formalen Lernort (Eshach, 2007), der allen Menschen offensteht. Im Zentrum wird im Sinne einer Third Mission (Compagnucci & Spigarelli, 2020) durch Forschung und Lehre gewonnenes Wissen für die Gesellschaft verfügbar gemacht und Impulse aus der außeruniversitären Welt werden aufgenommen (Pasternack, 2016). Gespeist wird das Zentrum durch Beiträge unterschiedlicher Disziplinen, um Interdisziplinarität zu realisieren. Geleistet wird somit ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsbildung der Bevölkerung, konkretisiert an den zwei nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten Energie und Klima. Vorliegender Beitrag stellt das dem Energie- und Klimabildungszentrum zugrundeliegende Bildungskonzept dar und illustriert dessen Struktur entlang teilnehmender Fächer/Institutionen/Förderer. Explizit wird zudem der Physik-Beitrag zu dieser interdisziplinären Netzwerkstruktur beleuchtet.

Konkretisierte Nachhaltigkeitsbildung

Mit interdisziplinär angelegten Angeboten vermag ein Energie- und Klimabildungszentrum, Beiträge zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung zu leisten. Bildung für nachhaltige Entwicklung umfasst zwar eine größere thematische Breite als Energie- und Klimabildung, aber das Oldenburger Zentrum setzt auf diese Felder, weil hierzu umfangreiche fachwissenschaftliche Forschung am Standort Oldenburg geleistet wird. Interdisziplinarität bedeutet hier, dass sich die beteiligten Fächer und Disziplinen an unterschiedlichen Themen abarbeiten und einen konkreten Inhaltsbereich aus mehreren Fachperspektiven ausleuchten (Bliesmer, Tischer & Komorek, im Druck). Dieser Ansatz berücksichtigt auch die Kritik von Niebert (im Druck), wonach eine Bildung für nachhaltige Entwicklung bestimmter Konkretion bedarf; das alleinige Adressieren von z. B. Gestaltungskompetenzen sei für die Realisation einer Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht ausreichend, weil jene zu unspezifisch seien. Da sich die Fachdidaktik mit konkreten Inhalten auseinandersetzt, gilt es, diese Stärke zu nutzen, indem konkrete nachhaltigkeitsbezogene Themen und Inhalte aus mehreren Perspektiven didaktisch re-konstruiert (Duit et al., 2012) werden. Abbildung 1 zeigt den Ansatz.

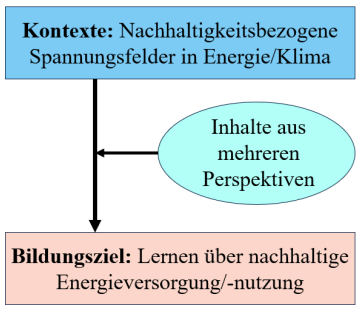


Abb. 1. Energie/Klima aus mehreren Perspektiven (in Anlehnung an Nawrath, 2010)

Konzept für non-formale Nachhaltigkeitsbildung

Gelegenheitsstrukturen (Grunert, 2011) für das non-formale Lernen setzen im entstehenden Energie- und Klimabildungszentrum auf die didaktischen Strukturierung von Angeboten in Lehr-Lern-Laboren. Sajons (2020) hat diesbezüglich mittels empirischer Untersuchungen von Lernlabor-Settings drei Leitlinien für didaktische Strukturierungen herausgearbeitet: (1) Die non-formalen Angebote setzen auf ein free-choice learning (Falk & Dierking, 2002) und sind daher sinnstiftend zu kontextualisieren (Muckenfuß, 1995). (2) Sie gehen von einem Problem aus, das sich wie ein roter Faden durch das Angebot zieht. Die Problemsituationen lassen sich gut über eine Anchored-Instruction (Cognition And Technology Group at Vanderbilt, 1990) einführen und motivieren den Aufbau fachspezifischen Wissens, um bei der Problemlösung schrittweise voranzukommen. (3) Die Angebote sind im Sinne von Deci & Ryan (1993) autonomieorientiert, ermöglichen den Teilnehmenden also Freiräume bei der Problemlösung, wobei die Lehrenden die Rolle von Coaches einnehmen (vgl. Abb. 2).

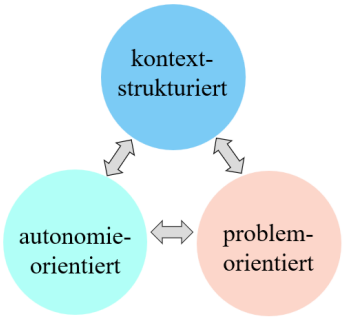


Abb. 2. Drei Leitlinien für non-formale Lehr-Lern-Angebote (Sajons, 2020)

Da mit den Angeboten angestrebt wird, einen Beitrag zur Nachhaltigkeitsbildung zu leisten, lässt sich die Leitlinie der Problemorientierung im Lichte von Modellen der nachhaltigen Entwicklung spezifizieren: Das Nachhaltigkeitsdreieck (Serageldin & Steer, 1994) oder das Viabilitätsmodell (Wilhelm, Amacker & Rehm, 2018) verweisen auf einer nachhaltigen Entwicklung inhärente Kontroversen und Spannungsfelder, die bisweilen auch als Dilemmata (Henkel, Mader & Siebenhühner, 2023) bezeichnet werden. Deshalb werden in den Angeboten ‚Probleme' als jene Kontroversen/Spannungsfelder/Dilemmata der nachhaltigen Entwicklung verstanden. Es wird angestrebt, dass sich fachliche Inhalte und solche Dilemmata wechselseitig befruchten. So haben Dilemmata zunächst die Funktion, die Lernenden zu interessieren und das fachliche Lernen zu motivieren. Später wiederum haben aufgebaute fachbezogene Kompetenzen die Funktion, das gewählte Dilemma besser verstehen und ausschärfen zu können.

Struktur des Energie- und Klimabildungszentrums

Das Zentrum verknüpft aktuelle Forschung zu Energie und Klima mit entsprechenden Studiengängen (auch Lehramt) und einer Öffnung der Universität für die regionale Öffentlichkeit. Stakeholder, politische Entscheider, Medien und NGOs sind explizit einbezogen. Mitwirkende sind Institute, Studiengänge, Förderer, regionale Projekte u.v.m. Je nach Kompetenzen und Interessen kommen die Mitwirkenden in unterschiedlichen Konstellationen zusammen und realisieren gemeinsam Gelegenheitsstrukturen für das non-formale Lernen (s. Abb. 3).

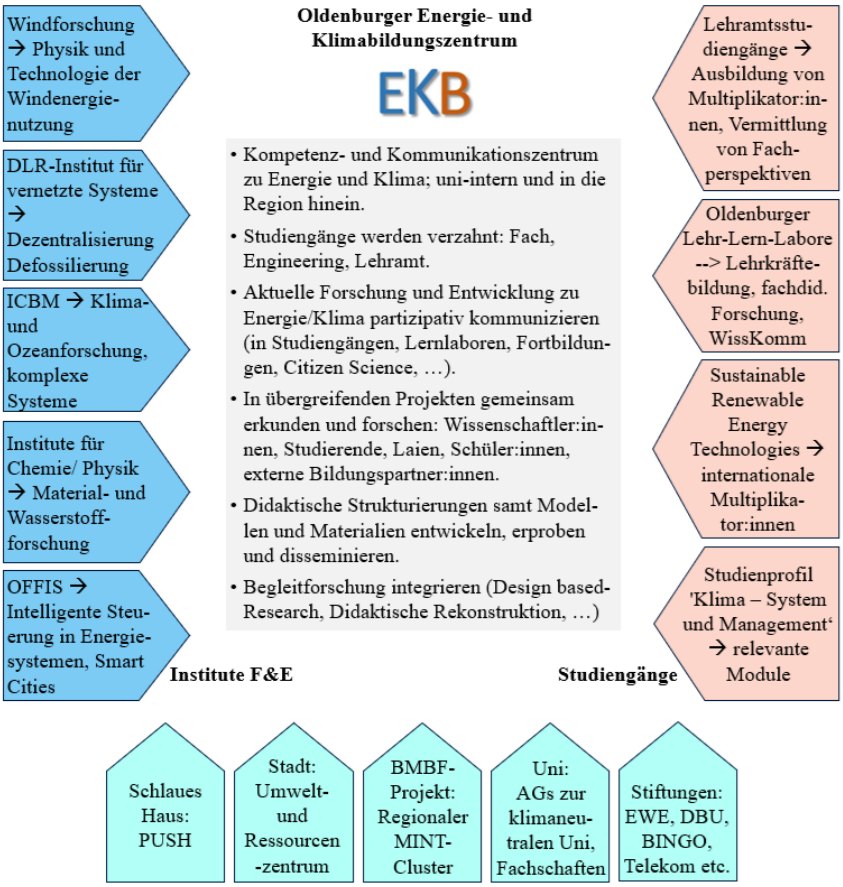


Abb. 3. Mitwirkende, Funktion und Aufgaben des Energie- und Klimabildungszentrums

Beiträge des Fachs Physik

Lehramtsstudierende der Physik leisten in Bachelor- sowie Masterarbeiten Aufbauarbeit für das Energie- und Klimabildungszentrum und betreiben Begleitforschung. Themen sind u. a.:

- Funktionsprinzip vom Wärmepumpen verstehen
- Infraschall von Windenergieanlagen gemeinsam messen
- Wasserkraftwerke selbst gestalten und Wirkungsgrade bestimmen
- Laienvorstellungen von Energieversorgungssystemen erfassen
- Design und Ankopplung von Solarkraftwerken planen
- CO_2-Abscheidung und Energiespeicher bewerten

Ausblick

Die Arbeiten sollen nicht auf die Universität Oldenburg beschränkt bleiben. Im Verbund mit der Jade Hochschule und der Hochschule Emden/Leer werden auch anwendungsbezogene Inhalte und Forschungsergebnisse zu Energie und Klima didaktisch aufgearbeitet. Für die Hochschulen entsteht dadurch der gewünschte outreach-Effekt; für die Studierenden entstehen studiengang- und hochschulübergreifende Interaktionen, die ihre Kompetenzen erweitern.

Literatur

Bliesmer, K., Tischer, J., & Komorek, M. (im Druck). Zwei Ansätze zur Realisation einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrkräftebildung. In M. Kubsch et al. (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von Morgen.* Waxmann.

Cognition And Technology Group at Vanderbilt (Hrsg.) (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. *Educational Researcher, 19*(6), 2-10.

Compagnucci, L. & Spigarelli, F. (2020). The Third Mission of the university: A systematic literature review on potentials and constraints. *Technological Forecasting & Social Change, 161*, 120284.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik 39*(2), 223-238.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe* (S. 13-37). Sense Publishers.

Eshach, H. (2007). Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology, 16*(2), 171-190.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2002). Lessons Without Limit: How Free-choice Learning is Transforming Education. Rowman Altamira.

Grunert, C. (2011). Außerschulische Bildung. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung. Gegenstandsbereiche* (S. 137–148). Springer VS.

Henkel, A., Mader, D. & Siebenhühner, B. (2023). Einleitung: Dilemmata der Nachhaltigkeit. In A. Henkel, S. Berg, M. Bergmann, H. Gruber, N. C. Karafyllis, D. Mader, A-K. Müller, B. Siebenhüner, K. Speck & D.-P. Zorn (Hrsg,), *Dilemmata der Nachhaltigkeit* (S. 9-22). Nomos. Online verfügbar unter: https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783748938507-9/einleitung-dilemmata-der-nachhaltigkeit?page=1.

Muckenfuß, H.(1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht.* DiZ-Verlag.

Niebert, K. (im Druck). Die Gestaltungskompetenz eher nachhaltigkeits-unspezifisch. In A. Carrapatoso et al. (Hrsg.), *Wirksamer Unterricht in BNE*. Schneider Hohengehren.

Pasternack, P. (Hrsg.) (2016). Gestaltende Hochschulen. Beiträge und Entwicklung der Third Mission. *Die Hochschule - Journal für Wissenschaft und Bildung 1/2016*.

Sajons, C. (2020). *Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*. Logos.

Serageldin, I. & Steer, A. D. (Hrgs.) (1994). *Making development sustainable. From concepts to action.* World Bank Publications. Online verfügbar unter: https://doi.org/10.1596/0-8213-3042-X.

Wilhelm, M., Amacker, V. & Rehm, M. (2022). Das Viabilitätsmodell: vom Konzept der «sensitiven Nachhaltigkeit» in Hinblick auf die digitale Transformation lernen. In J. Weselek, F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 9-21). Springer.

Michael Ginsel[1] [1]Universität Koblenz
Kai Bliesmer[2] [2]Universität Oldenburg

Der nachhaltige Wohnungsbau als BNE-Kontext im Fach Physik

Vorgestellt wird ein Bildungsangebot für ein mobiles Lehr-Lern-Labor, das durch die Einbettung von physikalischen Inhalten in den Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus, samt seiner inhärenten Spannungsfelder, eine vom Fach Physik ausgehende Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu adressieren versucht. Demnach handelt es sich um ein kontextstrukturiertes Bildungsangebot (Nawrath, 2010), in dem angestrebt wird, dass sich physikalische Inhalte und der Kontext wechselseitig befruchten: So dient der Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus zunächst als sinnstiftender und motivierender Anlass, sich auch mit den eingebetteten physikalischen Inhalten auseinanderzusetzen. Im späteren Verlauf des Angebots wird das aufgebaute physikalische Wissen dann aber zusehends auf den überfachlichen Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus angewendet, um inhärente Spannungsfelder und Zielkonflikte auszuleuchten. Hierdurch wird gezeigt, dass die physikalische Perspektive eine objektive Orientierung bietet, die es ermöglicht, Spannungsfelder bzw. Zielkonflikte besser verstehen, also ausschärfen zu können, um jene im Anschluss besser bewerten und ggf. Vorschläge zu deren Entspannung unterbreiten zu können. Den Teilnehmenden wird dadurch verdeutlich, dass die physikalische Fachperspektive für das Verständnis von bzw. für die Partizipation an nachhaltigkeitsbezogenen Frage- und Problemstellungen notwendig ist, sie allerdings erst in der Kombination mit weiteren Perspektiven hinreichend wird, die über eine rein physikalische Sicht hinausgehen.

Bezug zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung
Ein Ziel des entwickelten Lehr-Lern-Angebots besteht darin zu zeigen, dass auch die physikalische Perspektive für eine BNE relevant ist. Da das Angebot somit eine BNE zu realisieren versucht, gilt es nun die hier vorherrschende Lesart einer BNE darzustellen: Sie fußt auf das Modell einer nachhaltigen Entwicklung von Serageldin und Steer (1994), das gemeinhin als Nachhaltigkeitsdreieck bekannt ist, in denen drei miteinander konkurrierende Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung aufgeführt sind. Genau wie dieses ältere Nachhaltigkeitsdreieck vermag auch das neuere Donut-Modell (Raworth, 2012) oder das Viabilitätsmodell (Wilhelm, Amacker & Rehm, 2018) als Grundlage für die dem Angebot zugrundeliegende Lesart einer BNE zu dienen. Denn durch ihre jeweilige Vielperspektivität regen alle Modelle an, Frage- und Problemstellungen der nachhaltigen Entwicklung als Spannungsfelder/ Dilemmata/Zielkonflikte zu begreifen, die mit Kontroversität einhergehen. Folglich wird im vorliegenden Angebot eine BNE dadurch adressiert, dass die Teilnehmenden mit entsprechenden Spannungsfeldern der nachhaltigen Entwicklung konfrontiert werden.

Konkretisierung an einem nachhaltigkeitsbezogenen Kontext
Um nachhaltigkeitsbezogene Spannungsfelder identifizieren zu können, die sowohl eine BNE ermöglichen als auch den diesbezüglichen Wert einer physikalischen Perspektive illustrieren, wurde entlang der SDGs (Sustainable Development Goals) nach einem geeigneten Kontext für das Lehr-Lern-Angebot gesucht. Gewählt wurde das SGD Nr. 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden). Gemäß den Vereinten Nationen (vgl. 2015, S. 23) bezieht sich dieses SDG auf die Anpassung städtischer Gebiete an den Klimawandel, um Katastrophen zu vermeiden und Gesundheitsrisiken zu minimieren. Konkret wurde für den Kontext des Lehr-Lern-Angebots zum einen die Ausbildung städtischer Wärmeinseln ausgewählt, weil die zunehmende Hitzebelastung Anpassungsmaßnahmen städtischer Gebiete erfordert. Zum anderen wurde die Wärmedämmung von Gebäuden gewählt. Die Wohnsituation beeinflusst die Lebensqualität stark

und betrifft jeden Bürger, was sich in zahlreichen öffentlichen Debatten rund um das Thema Wohnen zeigt. Die Raumwärme macht mit knapp 70% den größten Anteil des Endenergieverbrauchs in privaten Haushalten in Deutschland aus (Umweltbundesamt, 2023). Da dieser Energiebedarf überwiegend mittels fossiler Energieträger gedeckt wird (Statistisches Bundesamt, 2021, S. 263), sind Maßnahmen wie die energetische Sanierung von Gebäuden für den Klimaschutz entscheidend. Beide Linien (Wärmeinseln & Wärmedämmung) des Kontexts fördern eine interdisziplinäre Sichtweise; sie zeigen so das Potenzial, aber auch die Grenzen der physikalischen Perspektive für nachhaltigkeitsbezogene Frage- und Problemstellungen.

Didaktische Rekonstruktion

Für die Entwicklung des Lehr-Lern-Angebots fungierte das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) als theoretische Rahmung. Hierbei besteht die Besonderheit, dass nicht nur rein fachliche Inhalt rekonstruiert werden, sondern auch der ausgewählte Kontext (Bliesmer & Komorek, im Druck).

Fachliche Klärung

Die wissenschaftlichen Aussagen, die für das Verständnis des Kontextes konstitutiv sind, wurden im Rahmen einer fachlichen Klärung herausgearbeitet (Bleichroth, 1991). Neben den rein fachwissenschaftlichen Grundideen wurden ebenfalls Merkmale des Kontextes analysiert. Gemeinsam bilden sie den fachlichen Zielbereich (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 13). Für die physikalische Sicht auf den Kontext ist das Teilchenmodell nötig, das mit der kinetischen Wärmetheorie zu verknüpfen ist, um den Wärmeleitungsprozess und den Prozess der Abkühlung beim Verdunsten von Wasser erklären zu können. Zur Erfassung von dem Kontext innewohnenden Spannungsfeldern wurden nachhaltigkeitsbezogene Grundideen herausgearbeitet. Folgende Auflistung stellt exemplarisch einige physikbezogene (P) und nachhaltigkeitsbezogene Grundideen (N), die im Kontext verortet sind, dar:

- P1: Materie besteht aus kleinen Teilchen, permanent in Bewegung und sich anziehend.
- P2: Temperatur eines Körpers ist ein Maß für mittlere Bewegungsenergie seiner Teilchen.
- P3: Durch Stoßprozesse zwischen den Teilchen wird Energie transportiert.
- N1: ⅓ der Kohlenstoffdioxid-Emissionen wird durch den Gebäudesektor verursacht.
- N2: Die Wohnsituation hat unmittelbaren Einfluss auf die Lebensqualität der Menschen.

Perspektive von Lernenden

Die Perspektiven von Lernenden wurden sowohl literaturbasiert (Schecker et al., 2018) als auch empirisch durch leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2013) erfasst. Ziel war in obigem Sinne die Ermittlung kontextbezogener (VK) sowie physikbezogener (VP) Denk- und Erfahrungswelten. So zeigt sich beispielsweise, dass sich für Lernende die Begriffe Temperatur und Wärme vermischen: Wärme sei ein mengenartiger Stoff, den Körper mit hoher Temperatur besitzen. Im Bereich des Kontexts zeigt sich, dass der nachhaltiger Wohnungsbau häufig auf Maßnahmen zum Klima- und Naturschutz reduziert wurde. Folgende Vorstellungen wurden zusammenfassend ermittelt:

- VP1: Mit der Temperatur lässt sich die Wärme in einem Gegenstand messen.
- VP2: Wärme ist die Bewegung von Teilchen.
- VK1: Die Energieeinsparmöglichkeiten bei der Raumwärme sind begrenzt.
- VK2: Beim nachhaltigen Wohnungsbau bleiben Rohstoffe und Ressourcen erhalten.

Didaktische Kontextstrukturierung

Beim letzten Schritt der Didaktischen Rekonstruktion handelt es sich um die didaktische Strukturierung, die hier – um den Stellenwert des Kontexts zu unterstreichen – als ‚didaktische Kontextstrukturierung' bezeichnet wird. Bei der didaktischen Strukturierung werden die

Ergebnisse der fachlichen Klärung mit den Ergebnissen der Erfassung von Lernendenperspektiven verglichen, um Beziehungen und Korrespondenzen zu identifizieren. Der Vergleich war Inspirationsquelle für die Entwicklung von drei Experimentierstationen, mittels webbasierter Anwendung aufbereitet wurden, um Inhalte in Form von Texten, Bildern, Videos und weiterführenden Links zu integrieren:

1. Hier wird das Potenzial der Wärmedämmung zur Reduktion des Endenergiebedarfs privater Haushalte eingeführt und im Spannungsfeld (Ökonomie vs. Ökologie) des nachhaltigen Wohnungsbaus situiert. Lernende untersuchen Materialien auf ihre Wärmeleitfähigkeit und auf ihre Eignung zur Wärmedämmung eines Hauses. Dann treten sie in die Rolle eines Energieberaters und untersuchen mit einer Wärmebildkamera ein Modellhaus auf Wärmebrücken. Es ist so gefertigt, dass verschiedene im Bauwesen typische Wärmebrücken gefunden werden können, sodass sie die Lernenden Maßnahmen abwägen müssen, die bei Wärmebrücken ergriffen werden können.

Abb.1 Modellhaus

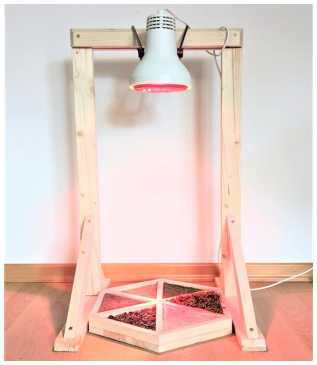


Abb.2 Untersuchung des Absorptionsvermögens

2. In der zweiten Station geht es um städtische Wärmeinseln. Hier werden die Lernenden durch einen Beitrag der Tagesschau zur Forderung nach Hitzeaktionsplänen für Städte in das Spannungsfeld einer klimabewussten Stadtplanung eingeführt. Ausgangspunkt ist zunächst die Fragestellung, wie sich Städte im Vergleich zum Umland im Sommer besonders stark aufheizen. Hierzu wird den Lernenden eine Abbildung der Erwärmung der Augsburger Innenstadt präsentiert. Über Google Maps untersuchen sie die besonders warmen Gebiete Augsburgs auf Gemeinsamkeiten bezüglich der Bebauung. Dann wird in der Experimentierstation für verschiedene Materialien das Absorptionsvermögen von Licht sowie die Entstehung eines latenten Wärmestroms beim Verdunstungsprozess thematisiert und durch Experimente erfahrbar gemacht.

3. Die Station „Stadtanpassung“ forciert die eigenständige Anwendung physikalischen Wissens im Kontext. Die Lernenden nehmen in Form eines Rollenspiels an einer Diskussion zur Anpassung an zukünftige Hitzewellen teil. In dieser Diskussionsrunde ist ihr Ziel, konstruktive Ideen vorzubringen, die den Interessen ihrer Gruppe dienen, und gleichzeitig angemessene Kompromisse mit den anderen Teilnehmern auszuhandeln. Die verschiedenen Interessensgruppen wurden so ausgewählt, dass sie mindestens die drei Dimensionen des Nachhaltigkeitsdreiecks abbilden. Zur Vorbereitung auf die Diskussionsrunde nutzen die Lernenden den bereitgestellten Maßnahmenkatalog potenzieller Anpassungsmaßnahmen an sommerliche Hitzewellen und können sich mittels Google Street View mit dem definierten Gebiet vertraut machen, um kreative klimatische Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Erste Erprobung und Ausblick

Eine erste Erprobung des Bildungsangebotes zeigte, dass es Lernende anregt, fundierte Haltungen im Spannungsfeld nachhaltiger Problemstellungen beim Wohnungsbau zu entwickeln und motiviert, physikalisches Wissen zu nutzen, um potenzielle Lösungen zu reflektieren. Weiterführende systematische Untersuchungen mit nachgängigen Interviews sind angebracht; ebenso eine Integration weiterer Fächer, um Multiperspektivität anzubahnen.

Literatur

Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik, 39*, 4-11.

Bliesmer, K. & Komorek, M. (im Druck). Physikbezogene BNE didaktisch rekonstruiert. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Vereinte Nationen (2015). *Sustainable development Goals*. Online verfügbar unter: https://nachhaltigentwickeln. dgvn.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung/?pk_campaign=cpc&pk_kwd=17%20sdg.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science education research and practice in Europe*. *Retrospective and prospective* (S. 13 - 37). Sense Publishers.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3*(3), 3-18.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Didaktisches Zentrum.

Niebert, K. & Gropengießer, H. (2013). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121 - 132). Springer.

Raworth, K. (2012). *A Save and Just Space for Humanity: Can we live within the doughnut?* Oxfam.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.

Serageldin, I. & Steer, A. D. (Hrgs.) (1994). *Making development sustainable. From concepts to action.* World Bank Publications. Online verfügbar unter: https://doi.org/10.1596/0-8213-3042-X.

Statistisches Bundesamt. (2021). *Datenreport 2021: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland*. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Campus/Datenreport/Downloads/datenreport-2021.pdf?__blob=publicationFile.

Umweltbundesamt. (2023). *Gesundheitsrisiken durch Hitze*. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt. de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze#indikatoren-der-lufttemperatur-heisse-tage-und-tropennachte.

Wilhelm, M., Amacker, V. & Rehm, M. (2022). Das Viabilitätsmodell: vom Konzept der «sensitiven Nachhaltigkeit» in Hinblick auf die digitale Transformation lernen. In J. Weselek, F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 9-21). Springer.

Simon Hermanns[1]
Kai Bliesmer[1]
Michael Komorek[1]

[1]Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Dilemmata rund um Windkraftanlagen als Kontext für BNE im Lernlabor

Im Beitrag wird ein Bildungsangebot für ein Lehr-Lern-Labor vorgestellt, das die Einrichtung eines Energie- und Klimabildungszentrums an der Universität Oldenburg flankiert. Im Zentrum wird Nachhaltigkeitsbildung konkret an den Themen Energie und Klima betrieben, wobei sich verschiedenste Fächer sich mit ihren Perspektiven einbringen, sodass Interdisziplinarität realisiert wird. In diesem Sinne handelt es sich beim präsentierten Bildungsangebot um einen Beitrag des Fachs Physik zum Zentrum: Folglich wird angezielt, physikalische Bildung und Nachhaltigkeitsbildung miteinander zu verknüpfen. Im Fokus steht eine nachhaltigkeitsbezogene Frage- bzw. Problemstellung, die ein Dilemma repräsentiert, und mit aufzubauendem physikalischem Wissen ausgeschärft wird, wodurch Potenziale und Grenzen einer physikalischen Perspektive auf Energie und Klima ausgeleuchtet werden. Konkret geht es im Angebot um den Kontext ‚Infraschall von Windkraftanlagen'. Im Beitrag wird dargestellt, wie das Angebot auf Grundlage eines kontextstrukturierten Vorgehens nach Nawrath (2010) und entlang der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) entwickelt und untersucht wurde.

Kontextstrukturierung als Ansatz für Nachhaltigkeitsbildung

Die geschickte Auswahl eines sinnstiftenden Kontexts ermöglicht es, Nachhaltigkeitsbildung mit physikalischer Bildung zu verknüpfen. Um Kontexte mit diesbezüglichem Potenzial zu identifizieren, sind die von den Vereinten Nationen (2015) formulierten Sustainable Development Goals (SDGs) als Inspirationsquelle geeignet. Sie garantieren einen direkten Nachhaltigkeitsbezug und müssen dann unter physikalischer Brille betrachtet werden; wobei überlegt wird, welche Kontexte innerhalb der SDGs sich für die sinnstiftende Vermittlung von physikalischen Konzepten eignen – ein kreativer Prozess! Ferner ist es für die hier zugrundliegende Lesart einer BNE, die auf dem Donut-Modell (Raworth, 2012) fußt, nötig, Dilemmata der nachhaltigen Entwicklung (Henkel, Mader & Siebenhühner, 2023) in den Blick zu nehmen. Gewählt wurde der Kontext *Infraschallemissionen von Windkraftanlagen*, der durch die SDGs #7 (Bezahlbare und saubere Energie) und #3 (Gesundheit und Wohlergehen) inspiriert wurde. Der Kontext besitzt einen Nachhaltigkeitsbezug, der von Spannungsfeldern/Dilemmata durchdrungen ist: Einerseits stellen Windparks eine klimafreundliche Energiequelle dar, andererseits fühlen sich Anwohner:innen von den Anlagen oft auch belästigt, wobei ästhetische, aber auch gesundheitliche Bedenken durch Infraschall angeführt werden. Letzteres bietet wiederum einen Anlass, den Kontext auch unter einer physikalischen Perspektive zu betrachten.

Angebotsentwicklung mittels Didaktischer Rekonstruktion

Die Entwicklung des Angebots erfolgt entlang einer Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al. 2012). Dies impliziert fachliche Klärungen und die Erfassung von Lernendenperspektiven in Bezug sowohl auf den Kontext als auch die eingebetteten physikalischen Konzepte. Auf Basis beiderlei wird sodann eine didaktische Kontextstrukturierung erarbeitet.

Fachliche Klärung

Gemäß (Eichler, 2014) ist Infraschall eine sich räumlich ausbreitende Druckwelle im Frequenzbereich bis 16 Hz und kann im Normalfall nicht vom Menschen gehört werden. Erst bei sehr hohen Schalldrücken, können die Druckschwankungen wahrgenommen werden – bspw. das Wummern im Auto bei geöffnetem Fenster und voller Fahrt. Mediziner (Vahl et al., 2022) konstatieren jedoch, dass auch bei niedrigeren Schalldrücken nicht auszuschließen sei, dass die Töne vom Menschen unterbewusst wahrgenommen werden. Entscheidend für die Gefahr sei jedoch die Lautstärke, also der Schalldruck(-pegel). Infraschall entsteht in vielen alltäglichen Situationen, in denen Luft in Bewegung gesetzt wird. Dies betrifft auch Windräder. Durch die immensen Flügel werden große Mengen Luft zwischen Flügel und Turm kurzzeitig komprimiert. Daraus resultiert eine Druckwelle, die sich in alle Richtungen ausbreitet und auch den Boden in Schwingung versetzt (vgl. LfU, 2022, S. 3). Untersuchungen der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg zeigen jedoch, dass die von Windrädern ausgehende Infraschallbelastung schon nach wenigen hunderten Metern von Hintergrundgeräuschen überdeckt wird (LUBW, 2020). Das uns im Alltag begegnende Hintergrundrauschen wird dabei hauptsächlich durch Wind oder Bewegungen im Straßenverkehr verursacht.

Erfassung von Lernendenperspektiven

Literaturanalysen zu möglichen Lernendenvorstellungen vom Kontext zeichnen ein uneinheitliches Bild: Zunächst ist eine allgemein positive Grundeinstellung zu Windenergieanlagen zu erwarten, da diese auf den ersten Blick im Einklang mit dem steigenden Umweltbewusstsein von Jugendlichen stehen (BMU, 2018). Da Götte und Ludwig (2019) zeigen, dass Laien oftmals Begriffe Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Ultraschall der gleichen Kategorie ‚Strahlung' zuordnen, die überdies negativ konnotiert ist, wäre es möglich, dass Lernende Infraschall auch als (negative konnotierte) Strahlung interpretieren. Dies bietet, die Möglichkeit daran im Labor anzuknüpfen und diese Einordnung kritisch zu hinterfragen. Gleichsam ist zu berücksichtigen, dass im Zuge der Auseinandersetzung mit Infraschall auch die bei Schecker et al. (2018) aufgeführten Vorstellungen zum Schall bei Lernenden aktiviert werden und zu berücksichtigen sind.

Didaktische Kontextstrukturierung

Aufgrund des fachlichen Anspruchs wurde als Zielgruppe für das Angebot die Jahrgangsstufe zehn bzw. elf festgelegt. Da das Angebot als Kleinprojekt (Frey, 2012) umgesetzt wird, wurde die Zahl der Teilnehmenden auf sechs beschränkt; die Dauer beträgt drei Stunden.

Zur Einführung in den Kontext wurde der Anchored-Instruction-Ansatz (The Cognition And Technology Group at Vanderbilt, 1990) gewählt, um den Stellenwert des Kontexts als strukturierendes Element des Angebots, und nicht nur als Aufhänger, zu unterstreichen. Dabei werden die Teilnehmenden direkt zu Beginn mit dem Spannungsfeld/Dilemma konfrontiert, indem ihnen ein Video der ZDF-Mediathek (Titel: Infraschall – Unerhörter Lärm) präsentiert wird, das die Ängste von Anwohner:innen vor Infraschall thematisiert und fragwürdige Messungen zeigt. Es bietet zudem Anlass, sich physikalisch mit Infraschall auseinanderzusetzen und eigene Untersuchungen anzustellen.

Im Sinne des Projektgedankens nach Frey (2012) wird eine genaue Zielvereinbarung mit den Jugendlichen getroffen, was sie, angeregt durch das Video, erfahren/untersuchen möchten. Die anschließende Instruktionsphase soll erreichen, dass alle Teilnehmende ein grundlegendes

Schallverständnis aufbauen und die Begriffe Amplitude und Frequenz fest definiert sind. Im Kleinprojekt wechseln sich Arbeits- und Reflexionsphasen ab. Demnach werden in Kleingruppen zuerst physikalische Inhalte durch Experimente und Recherchen erarbeitet und anschließend in den gemeinsamen Reflexionsphasen miteinander vernetzt und auf das Spannungsfeld des Kontexts angewendet. Abgeschlossen wird da Projekt mit der Erreichung der zu Beginn beschlossenen Zielvereinbarung.

Um selbst Messungen durchführen zu können, musste die Hürde überwunden werden, dass Infraschall nicht mit handelsüblichen Mikrofonen gemessen werden kann. Also wurde ein auf einem Arduino Microcontroller und einem Differenzdrucksensor basierender Infraschallsensor selbst gebaut. Er ist in der Lage Druckschwankungen ab 0,03 Pascal aufzunehmen und in einer Live-Messung grafisch darzustellen. Der Sensor hat eine Abtastfrequenz von 50 Hz, sodass Infraschallsignale von bis zu 16 Hz eindeutig aufgezeichnet werden können, ohne dass diese durch Aliasing-Effekte verfälscht werden. Mit dem Gerät können die Teilnehmenden Infraschallquellen identifizieren, hinsichtlich der Amplituden und Frequenzen vergleichen und eigene Gefahreneinschätzung abgeben. Aber auch weitere aktuelle Forschungsergebnisse, die während Instruktionsphasen präsentiert werden, unterstützen die Teilnehmenden, eigene fundierte und differenzierte Bewertungen zum Spannungsfeld zu formulieren.

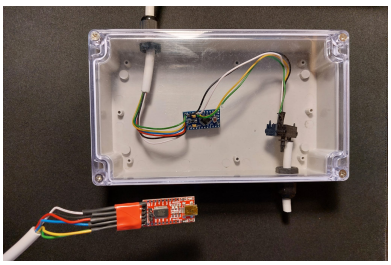


Abb. 1 Selbst gebauter Infraschallsensor

Angebotsuntersuchung mittels begleitender Beobachtung

Da das Lehr-Lern-Angebot physikalische Lernprozesse mit nachhaltigkeitsbezogenen Lernprozessen zu verbinden versucht, sind im Vorfeld für beiderlei Ziele formuliert worden. Das Angebot wurde bei der Durchführung mit ethnografischen Untersuchungsmethoden, speziell der begleitenden Beobachtung (Breidenstein, 2012) bzgl. der Zielerreichung untersucht. Die Erprobung fand mit sechs Gymnasiast:innen der 11. Klasse an der Universität Oldenburg statt. Um vernünftig beobachten zu können, wurde der Projektleiter selbst von einer zusätzlichen Hilfskraft unterstützt. Beide hielten ihre Beobachtungen auf vorstrukturierten Notizheften fest. Folgende Fragen wurden mit Blick auf physikalische und nachhaltigkeitsbezogene Lernziele sowie deren Übergänge und Relationen beantwortet:

F1) Welche physikalischen Lernziele wurden mit dem Lehr-Lern-Angebot erreicht?
F2) Welche nachhaltigkeitsbezogenen Lernziele wurden mit dem Angebot erreicht?
F3) Inwiefern korrespondieren physikalische und nachhaltigkeitsbezogene Lernziele?

Erste Ergebnisse

Während des Projektes konnten sowohl physikalische als auch nachhaltigkeitsbezogene Lernziele erreicht werden. Beispielsweisen haben die Lernenden verschiedene Infraschallquellen identifiziert und deren Signale mithilfe der Amplitude und Frequenz charakterisiert. Diese Erkenntnisse halfen den Lernenden daraufhin, die Gefahren unterschiedlicher Infraschallsignale zu vergleichen und abzuschätzen. Auf dieser Grundlage argumentierten sie auch, dass die von Windrädern ausgehende Gefahr den alltäglichen Infraschall, durch z. B. Wind, in Bezug auf den Schalldruck nicht übersteigt.

Literatur

Breidenstein, G. (2012). Ethnografisches Beobachten. In: De Boer, H. & Reh, Sabine (Hrsg.). *Beobachtung in der Schule. Beobachten lernen* (S. 27-44). Springer.

BMU (2018). *Zukunft? Jugend fragen! – Nachhaltigkeit, Politik, Engagement – eine Studie zu Einstellungen und Alltag junger Menschen.* Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Online verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/jugendstudie_bf.pdf.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe* (S. 13-37). Sense Publishers.

Eichler, J. (2014). Akustik. In J. Eichler (Hrsg.), *Physik für das Ingenieurstudium. Prägnant mit vielen Kontrollfragen und Beispielaufgaben* (S. 173–185). Springer.

Frey, K. (2012). *Die Projektmethode: "der Weg Zum Bildenden Tun"*. Beltz Verlag.

Götte, S. & Ludwig, Y. (2019). *Ressortforschungsberichte zum Strahlengesetz – Was denkt Deutschland über Strahlung: Umfrage 2019*. Bundesamt für Strahlungsschutz. Online verfügbar unter: https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2019110720000/3/BfS_2019_3619S72204a.pdf.

Henkel, A., Mader, D. & Siebenhühner, B. (2023). Einleitung: Dilemmata der Nachhaltigkeit. In A. Henkel, S. Berg, M. Bergmann, H. Gruber, N. C. Karafyllis, D. Mader, A-K. Müller, B. Siebenhüner, K. Speck & D.-P. Zorn (Hrsg,), *Dilemmata der Nachhaltigkeit* (S. 9-22). Nomos. Online verfügbar unter: https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783748938507-9/einleitung-dilemmata-der-nachhaltigkeit?page=1.

LFU (Hrsg.) (2022). *Windenergieanlagen, Infraschall und Gesundheit*. Online verfügbar unter: https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf.

LUBW (Hrsg.) (2020). *Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen - Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015*. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht.* DiZ-Verlag.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer Spektrum.

The Cognition And Technology Group at Vanderbilt (Hrsg.) (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. *Educational Researcher, 19*(6), 2-10.

Vereinte Nationen (Hrsg.) (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Online verfügbar unter: https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement.

Vahl, J., Keppeler, J., Krahe, D., Bahrke-Rein, K., Reiter, R., Hoffmann, T. & Goldberg-Bockhorn, E. (2022). Infraschall – humanmedizinische Implikationen. *HNO*, *70*(12), 921-930.

Krenare Ibraj[1]
Yannick L. Legscha[1]
Markus Prechtl[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Bildung für nachhaltige Entwicklung durch Systems Thinking?

Gesellschaft und Umwelt erleben einen dynamischen Wandel, geprägt von globalen Herausforderungen wie Klimawandel und Rohstoffknappheit (Richardson et al., 2023). Das Anthropozän ist geprägt von dem Eingreifen des Menschen in komplexe Systeme der Umwelt, ohne weitreichende Abwägungen der daraus resultierenden Konsequenzen (Rieß, 2013; Orgill, York & MacKellar, 2019). Mit der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung sollen Lösungen gefunden werden, für deren Verwirklichung zunächst die betroffenen Systeme analysiert werden müssen (Rieß, 2013). Hierfür bedarf es Systems Thinking, genauer: der Fähigkeit, komplexe Systeme und ihre Wechselwirkungen interpretieren und verstehen zu können (Orgill, York & MacKellar, 2019; Mahaffy, Matlin, Holme & MacKellar, 2019; Rieß, 2013). Im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ist es deshalb wichtig, Systems Thinking bei Lernenden zu fördern (Fanta, Bräutigam, Greiff & Rieß, 2017). Diese Aufgabe sollen Lehrkräfte übernehmen, da ihre Lehre ein wichtiger Prädiktor für das Erlernen von Systems Thinking ist (Ossimitz, 2000). Da Lehrkräfte im Umgang mit Systems Thinking jedoch noch nicht ideal ausgebildet sind, wie eine Studie von Szozda et al. (2022) zeigt, sollte es – aus unserer Sicht – mehr Bestrebungen in diese Richtung geben; dies in Einklang mit Rieß (2013). Dies setzt die Bildung von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie bezüglich Systems Thinking voraus. Hierauf bezieht sich unsere hochschuldidaktische Forschung. Im Fokus steht der Umgang der Studierenden mit Systemen und den darin beinhalteten Wechselwirkungen einzelner Systemkomponenten. Insbesondere wird die geteilte Rolle von Lehramtsstudierenden als aktive Lernende und angehende Lehrende betrachtet. Perspektivisch soll darüber die Etablierung von BNE in der Hochschullehre gefördert werden. Konkret beinhaltet dies die Einführung in Systems Thinking sowie Konzepte der inhaltlichen und methodischen Implementierung von Systems Thinking in Lernsettings für die Chemie-Lehre. Auf diese Weise soll das übergeordnete Ziel erreicht werden, zukünftige Lehrkräfte dazu zu befähigen, als Change Agents an BNE zu partizipieren.

Elemente der BNE in der Lehrkräftebildung

Als Orientierungsrahmen für das Forschungsvorhaben dienen mehrere Leitideen der BNE, die im Folgenden aufgeführt werden: Grundsätzlich sollte Wissen über relevante Konzepte sowie Handlungsmöglichkeiten Lernenden vermittelt werden, damit sie aktiv an einer nachhaltigen Entwicklung teilnehmen können (BMBF, 2013; Zowada, Niebert & Eilks, 2019). BNE wird folglich vorrangig aus emanzipatorischer Perspektive betrachtet, d.h. sie wird als Bildung verstanden, bei der Lernen *als* nachhaltige Entwicklung stattfindet (Rieckmann, 2021). International wird das übergreifende Ziel einer BNE anhand von acht Schlüsselkompetenzen konkretisiert, u.a. die vorausschauende Kompetenz, normative Kompetenz und Selbstreflexionskompetenz (Rieckmann, 2018). Darunter wird auch die systemische Kompetenz angeführt. Sie wird von Rieckmann wie folgt charakterisiert: „[…] the ability to recognize and understand relationships, to analyse complex systems, to perceive the ways in which systems are embedded within different domains and different scales, and to deal with uncertainty“ (Rieckmann, 2018, S. 44).

Systemisches Denken im Fach Chemie

In unserer Forschungsgruppe wird das Potenzial von Systems Thinking im Fach Chemie darin gesehen, dass es die Möglichkeit bietet, reduktionistische Ansätze des Chemie-Lernens zu erweitern, um so ein holistisches Verständnis dafür zu schaffen, wie chemiebezogenes Wissen mit den komplexen Systemen in unserer Welt zusammenhängt (Aubrecht et al., 2019; Constable, Jiménez-González & Matlin, 2019). Auf diese Weise schafft Systems Thinking einen Zugang zu BNE (Rieß, 2013). Zum Konzept Systems Thinking gibt es verschiedene Auslegungen (Arnold & Wade, 2015), darunter die postulierten sieben Systems Thinking-Fähigkeiten von Richmond (1993) und das evidenzbasierte hierarchische Systems Thinking-Modell von Assaraf und Orion (2005). Das eigene Forschungsvorhaben hat eine andere Schwerpunktsetzung: es favorisiert die Prozessperspektive vor der Output-Perspektive. Wir wollen, basierend auf den bereits formulierten Systems Thinking-Fähigkeiten, untersuchen, welche Prozesse und Ressourcen Lernende nutzen, wenn sie sich mit Systemen mit Chemiebezug auseinandersetzen. Auf diese Weise versuchen wir zu verstehen, wie Lernende bei Systems Thinking vorgehen und auf welche Hindernisse sie dabei treffen, um auf dieser Grundlage Lehr-Lern-Umgebungen zu entwickeln, die Systems Thinking fördern können.

Forschungsfragen

In unserem Forschungsvorhaben verfolgen wir das Ziel, ein Verständnis von Systems Thinking Lehramtsstudierender im Fach Chemie im Rahmen von BNE zu entwickeln. Unsere Untersuchung konzentriert sich auf die Beantwortung folgender Forschungsfragen:

- Wie gehen die Lehramtsstudierenden mit den Informationen in einem System um?
- Welchen Einfluss haben Performanzfaktoren wie Visualisierungen und Lernaufgaben?

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde im Frühjahr 2023 eine Interviewstudie mit Lehramtsstudierenden (N = 25) an der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. In Think-Aloud-Interviews setzten sich die Teilnehmenden mit dem komplexen System der Lithiumgewinnung in der Atacama Salzwüste in Chile auseinander. Sie bearbeiteten drei Aufgaben mit Systems-Oriented Concept Map Extension (SOCME). Diese Visualisierung wird genutzt, um das Systems Thinking von Lernenden zu unterstützen und nach Möglichkeit den Cognitive Load, der während des Umgangs mit komplexen Systemen auftreten kann, zu reduzieren. SOCME erleichtern die Erforschung der Gesamtauswirkungen komplexer Systeme, indem sie die Betrachtung von Teilsystemen fördern (Aubrecht et al., 2019). Die im Interview verwendete SOCME (s. Abb. 1) wurde eigens in Anlehnung an Mahaffy et al. (2019) erstellt. Das dargestellte System *Lithium als Rohstoff* basiert auf Meadows' (2019) Systembegriff und umfasst folgende vernetzte Subsysteme, die wie folgt betitelt wurden: Salzsee in der Atacama-Salzwüste, Lithiumgewinnung, natürliche Einflüsse auf Gewinnung und Aufbereitung, Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft und industrielle Verwendung. Bei der Auswahl der Subsysteme wurde darauf geachtet, dass die Nachhaltigkeitsdimensionen nach Pufé (2017) enthalten sind, um mehrperspektivische Analysen zu ermöglichen. Zudem bietet diese Auswahl Anbindungsmöglichkeiten an das Thema kritische Metalle, an dem die Interdependenz der ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektiven festgemacht

werden kann (Prechtl, Ibraj & Legscha, im Druck). Die Struktur des Think-Aloud-Interviews, mit den drei Phasen Rekonstruktion, Konstruktion und Reflexion, ist in Abbildung 1 dargelegt.

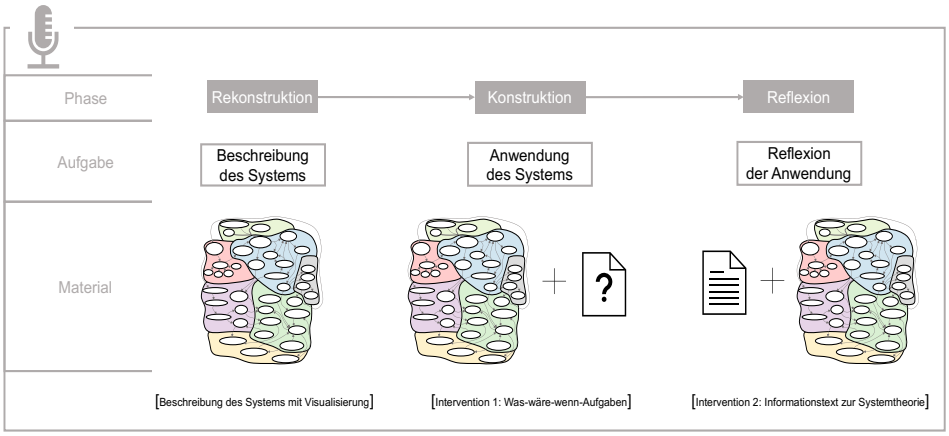


Abb. 1. Struktur des Think-Aloud-Interviews.

Aufgabe 1 beinhaltet die Rekonstruktion und besteht aus zwei Teilaufgaben. Die Teilnehmenden bekommen zunächst das SOCME vorgelegt. In Teilaufgabe 1a beschreiben sie das vorliegende System. Dadurch erhalten sie die Möglichkeit, sich mit dem System vertraut zu machen und ihr Vorwissen zu aktivieren. Damit wird zunächst eine Reproduktion der Systemkomponenten intendiert. In der Teilaufgabe 1b analysieren die Teilnehmenden das System, wobei die Analyse der Verbindungen einzelner Komponenten im Mittelpunkt steht.
Aufgabe 2 umfasst die Konstruktion und beinhaltet die erste Intervention in Form von Systemänderungen. Die Teilnehmenden bearbeiten zwei Teilaufgaben, die als Was-wäre-wenn-Aufgaben formuliert sind. Es wird eine Änderung am System vorgenommen, indem jeweils eine Systemkomponente verstärkt oder abgeschwächt wird; üblicherweise vermittelt durch Fragestellungen, wie z.B. „Was wäre, wenn es in einem Jahr in der Wüste häufiger regnen würde als normalerweise?“. Dabei gibt es jeweils eine Aufgabe mit und ohne Chemiebezug. Die Teilnehmenden sollen daran die Auswirkungen auf das System erklären. In dieser Phase wird vonseiten der interviewenden Person der Fokus auf das Systemverhalten gelenkt, um, rekurrierend auf Meadows (2019), aufzeigen zu können, *wie* die Teilnehmenden über Systeme nachdenken.
Aufgabe 3 ist der Reflexion gewidmet. In der Teilaufgabe 3a erhalten die Teilnehmenden einen Informationstext zur Systemtheorie, der es ihnen ermöglicht, das vorliegende System auf der Metaebene zu betrachten. Anschließend haben sie die Gelegenheit, ihre Antworten aus Teilaufgabe 2b zu reflektieren und ggf. zu verändern oder zu erweitern. Denn daran lässt sich beobachten, ob sich die Äußerungen der Teilnehmenden in qualitativer oder quantitativer Weise verändert haben.

Fazit und Ausblick

Der Beitrag hebt sowohl die Potenziale von Systems Thinking als Zugang zu BNE als auch die damit verbundenen Herausforderungen hervor und beschreibt eine Methode zur Erschließung des Forschungsfeldes. In der weiteren Umsetzung des Vorhabens streben wir an, den Umgang Lehramtsstudierender mit Systemen differenziert zu charakterisieren.

Literatur

Arnold, R. D. & Wade, J. P. (2015). A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. Procedia Computer Science, 44, 669–678. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050

Assaraf, O. B.-Z. & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. Journal of Research in Science Teaching, 42(5), 518–560. https://doi.org/10.1002/tea.20061

Aubrecht, K. B., Dori, Y. J., Holme, T. A., Lavi, R., Matlin, S. A., Orgill, M., Skaza-Acosta, H. (2019). Graphical Tools for Conceptualizing Systems Thinking in Chemistry Education. Journal of Chemical Education, 96(12), 2888–2900. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00314

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2013). Positionspapier "Zukunftsstrategie BNE 2015+. https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/bne-positionspapier-2015plus_deutsch.pdf?__blob=publicationFile

Constable, D. J. C., Jiménez-González, C. & Matlin, S. A. (2019). Navigating Complexity Using Systems Thinking in Chemistry, with Implications for Chemistry Education. Journal of Chemical Education, 96(12), 2689–2699. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00368

Fanta, D., Bräutigam, J., Greiff, S. & Rieß, W. (2017). Entwicklung und Validierung eines Messinstrumentes zur Erfassung von systemischem Denken bei Lehramtsstudierenden in ökologischen Kontexten. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 241–259.

Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Holme, T. A. & MacKellar, J. (2019). Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability. Nature Sustainability, 2(5), 362–370. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0285-3

Meadows, D. H. (2019). Die Grenzen des Denkens: Wie wir sie mit System erkennen und überwinden können. Bibliothek der Nachhaltigkeit. oekom verlag.

Orgill, M., York, S. & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. Journal of Chemical Education, 96(12), 2720–2729.

Ossimitz, G. (2000). Entwicklung systemischen Denkens: Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen. Zugl.: Klagenfurt, Univ., Habil.-Schr., 2000. Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik: Bd. 1. Profil.

Prechtl, M., Ibraj, K., Legscha, Y.L. (im Druck). Nachhaltigkeit frühzeitig im Spiralcurriculum des Chemieunterrichts verankern.: Ein Appell für die Stärkung des Kontextes kritische Metalle. MNU-Journal.

Pufé, I. (2017). Nachhaltigkeit (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). utb Wirtschaftswissenschaften, Sozialwissenschaften: Bd. 8705. UVK Verlagsgesellschaft mbH mit UVK/Lucius.

Richardson, K., et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science advances, 9(37), eadh2458. https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458

Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. System Dynamics Review, 9(2), 113–133. https://doi.org/10.1002/SDR.4260090203

Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: key competencies in Education for Sustainable Development. In L. Alexander (Hrsg.), Issues and trends in education for sustainable development. UNESCO.

Rieckmann, M. (2021). Reflexion einer Bildung für nachhaltige Entwicklung aus bildungstheoretischer Perspektive. Religionspädagogische Beiträge, 44(2), 5–16. https://doi.org/10.20377/rpb-153

Rieß, W. (2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. ANLIEGEN NATUR, 35, 55–64.

Szozda, A. R., Bruyere, K., Lee, H., Mahaffy, P. G. & Flynn, A. B. (2022). Investigating Educators' Perspectives toward Systems Thinking in Chemistry Education from International Contexts. Journal of Chemical Education, 99(7), 2474–2483. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00138

Zowada, C., Niebert, K. & Eilks, I. (2019). Wenn nicht jetzt, wann dann? Nachhaltigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht. Unterricht Chemie, 30(172), 2–9.

Isabel Zachert
Björn Risch

Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

Eine Rolle spielen – Bewertungskompetenz im Chemieunterricht fördern

Ausgangslage

Die im Jahr 2020 veröffentlichten Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife sehen vor, dass die Förderung der Bewertungskompetenz über das bloße sachliche Beurteilen von naturwissenschaftlichen Aussagen hinausgehen soll (KMK, 2020). Von den Schülerinnen und Schülern wird erwartet, dass sie relevante fachliche Handlungen und Entscheidungen aus persönlicher, sozialer und ethischer Sichtweise betrachten können. Dieser Wechsel der Perspektiven kann im schulischen Unterricht durch die Einbindung von Rollenspielen unterstützt werden (Belova, Feierabend & Eilks, 2014). Doch wie lässt sich die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler mithilfe von Rollenspielen gezielt fördern? Wie muss ein Rollenspiel gestaltet werden, um dieses Ziel zu erreichen? Und wie lassen sich die Auswirkungen von Rollenspielen auf die Entwicklung der Bewertungskompetenz ermitteln?

Stand der Forschung

Das Einfinden von Rollenspielenden in eine andere Perspektive wurde in der Arbeit von Siew & Abdullah (2012) nachgewiesen. Ihre Rollenspielmethodik hat den Teilnehmenden nicht nur ermöglicht, sich in die fiktive Situation einzufühlen, sondern auch ihre Fähigkeiten in selbstsicherem Argumentieren, Verhandeln und Teilen von Informationen zu verbessern. Darüber hinaus gaben die Studienteilnehmenden an, dass das Rollenspiel ihnen dabei geholfen habe, ein kritisches Denken zu entwickeln. Die Limitationen der Studie liegen allerdings darin, dass nur eine Gruppe von 26 Masterstudierenden im Lehramt für naturwissenschaftliche Fächer teilnahm. Die Ergebnisse lassen sich also weder generalisieren, noch ist ein Übertrag auf Schulklassen der gymnasialen Oberstufe möglich. Stuckey et al. (2011) führten mit 20 Lerngruppen der Jahrgangsstufen 9 bis 11 verschiedene Rollenspielszenarien durch und werteten in Gruppendiskussionen gezielt die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schülern anhand ihrer Argumentation aus. Dazu entwickelten sie zwei Auswertungsraster (vgl. Tabelle 1 & 2). Das Erste bezieht sich auf die Qualität des Inhaltes der Argumente und wurde zyklisch nach der Methode der Grounded Theorie aus den Gruppendiskussionen entwickelt. Gestützt wird es zusätzlich durch Erkenntnisse der psychologischen und biologiedidaktischen Forschung (Jungermann, Pfister & Fischer, 2009 und Eggert & Bögeholz, 2006). Die fünfstufige Skala teilt sich in die drei Kompetenzniveaus der Bildungsstandards. Im zweiten Auswertungsraster werden die Argumente nach ihrer Komplexität eingestuft. Auch hier werden die drei Kompetenzstufen der Bildungsstandards berücksichtigt. Das Raster fundiert auf Ideen zur Bewertungskompetenz von Haidt (2001), Wilson und Sloane (2000) und dem Kompetenzmodell von Kauertz et. al (2010). Die von Stuckey erprobten Rollenspiele führten bei den Schülerinnen und Schülern im Pre-Post-Vergleich allerdings nur auf den unteren Niveaus zu einer Verbesserung. Sie äußerten die Vermutung, dass eine einmalige Intervention vermutlich nicht ausreiche, um die Argumentationsfähigkeit auf ein höheres Niveau anzuheben (Stuckey et al. 2011).

Tabelle 1: 5-stufige Skala bezogen auf die Qualität des Inhaltes zur Auswertung der Argumente der Gruppendiskussionen (modifiziert nach Feierabend, 2011, S. 24).

Niveau	Qualität
1	Schlagwort-Argument
2	Intuitives Argument
3	Begründetes Argument
4	Reflektiertes Argument
5	Konstruktives Argument

Tabelle 2: 6-stufige Skala bezogen auf die Komplexität zur Auswertung der Argumente der Gruppendiskussionen (modifiziert nach Feierabend, 2011, S. 25).

Niveau	Komplexität
0	Nicht auf die Frage bezogen.
1	Ein Argument
2	Zwei Argumente
3	Ein oder zwei Argumente, eine Begründung.
4	Zwei oder mehr verbundene Argumente mit Begründung
5	Ein oder mehr verbundene Argumente mit Begründung und Reflexion.

Die von Feierabend (2011) untersuchten Abschnitte aus den Gruppengesprächen enthielten Fragen zum Inhalt des Rollenspielszenarios. Sinnvoll ist dies, wenn man die Argumentationsfähigkeit und damit die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler fokussiert. Um der Fragestellung nachzugehen, warum das Niveau der Teilnehmenden nicht die höheren Stufen erreicht hat, muss der Fokus verstärkt auf folgenden Fragen liegen: Wie haben sich die Schülerinnen und Schüler während des Rollenspiels verhalten? Waren die Inhalte zugänglich und interessant? Wie motiviert haben sie teilgenommen? An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt an. Orientiert am Design-Based-Research-Ansatz nach Euler (2014), wird ein Rollenspiel zyklisch mit dem Ziel weiterentwickelt, dass Gelingensbedingungen hinsichtlich der Förderung der Bewertungskompetenz formuliert werden können (siehe Abb. 1).

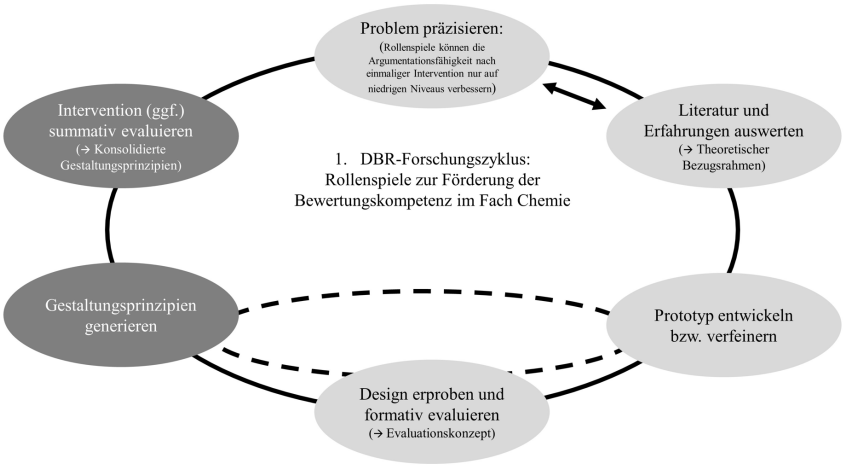


Abb. 1: Design-Based-Research-Ansatz nach Euler (2014). Die Hellgrau-Schattierung zeigt, welche Prozesse bereits im ersten Zyklus bearbeitet worden sind.

Prototyp Rollenspiel: Podiumsdiskussion

Der nachfolgend skizzierte Prototyp des Rollenspiels wurde im Stil einer Podiumsdiskussion mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II bereits im Rahmen des Projekts CEASEless (Circular Economy Begreifen – Algen im Schülerlabor Erforschen) auf Praxistauglichkeit überprüft. Das Rollenspiel wird durch ein ökologisch-soziales Dilemma eingeleitet: „Wie kann bei limitierter landwirtschaftlicher Nutzfläche gleichzeitig die Grundversorgung der Weltbevölkerung gedeckt und der Eintrag von stickstoffbasierten Kunstdüngern minimiert werden?“. Zu Beginn erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Impuls über die Nitratbelastung des Grundwassers in der Region, zur Landwirtschaft und Cyanobakterien als Dünge-Alternative. Anschließend werden die Rollen zugeteilt und die Informations- und Rollenkarten bereitgestellt. Jede Rolle hat ihre Spezialgebiete an Wissen oder erarbeitet ein Thema aus einer anderen Perspektive. Die Moderation erhält Informationen, welche Fragen gestellt werden könnten und welche Rolle eine entsprechende Expertise dazu besitzt. Bisher sind neben der Moderation folgende Rollen im Spiel enthalten: **Enisa**: Vertreterin des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), **Mohamed**: Mitarbeiter eines Düngeherstellers, **Amira**: Mitglied einer umweltverbundenen Partei, **Helmut**: Mitglied einer konservativen Partei, **Richard**: konventioneller Landwirt, **Darja:** ökologische Landwirtin und **Malaika**: Wissenschaftlerin mit Schwerpunkt Ökotoxikologie und Cyanobakterien. Alle Rollen können von mehreren Schülerinnen und Schülern in Gruppenarbeit übernommen werden.

Forschungsdesign

In zukünftigen Erhebungen wird die gesamte Lernsequenz mittels Videografie dokumentiert. Zur Analyse der Videos wird das Auswertungsraster von Feierabend (2011) genutzt. Darüber hinaus sollen im Anschluss Interviews mit Lehrpersonen sowie stichprobenartige Befragungen von Schülerinnen und Schülerinnen durchgeführt werden. Dieses Vorgehen ermöglicht, gezielte Fragen zu Vorerfahrungen mit Rollenspielen sowie hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmung während der Durchführung zu stellen. Analog zum Ansatz von Belova, Feierabend und Eilks (2014), die bei Rollenspielen vier verschiedene Verlaufstypen identifizierten (T1: Lenkung durch ein Moderationsgremium, T2: Lehrkraft kontrolliert das Rollenspiel, T3: (Gelenkter) Informationsaustausch sowie T4: Lebhafte Diskussion unter den Teilnehmenden), wird angenommen, dass auch diverse Typen von Rollenspielenden existieren, die beispielsweise unterschiedlich gut einen Wechsel der Perspektiven einnehmen können. Dies hätte vermutlich auch einen Einfluss auf die Entwicklung der Bewertungskompetenz. Um die Ursachen hierfür zu ergründen, soll die Evaluation durch einen Fragebogen zum situationalen Interesse, zur Selbstwirksamkeitseinschätzung und einem Persönlichkeitstest im Rahmen des Big-Five-Modells (Rammstedt et al. 2014) unterstützt werden. Sollten die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Typen von Rollenspielenden formuliert werden können, wären dies wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Gestaltung zukünftiger Rollenspiele für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das hier beschriebene Forschungsvorhaben wird im Rahmen des Projekts „CEASEless“ von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

Belova, Nadja; Feierabend, Timo; Eilks, Ingo (2014): Rollenspiele im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ihre Analyse am Beispiel des Klimawandels. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 67 (1), S. 42-48.

Eggert, Sabina; Bögeholz, Susanne (2005): Göttinger Modell der Bewertungskompetenz - Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12 (2006), S. 177-197, 1,9 M.

Euler, Dieter (Hg.) (2014): Design-based research. 1. Aufl. s.l.: Franz Steiner Verlag (EBL-Schweitzer, 27). Online verfügbar unter http://swb.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1826564.

Feierabend, Timo (2011): Konzeptionen für einen gesellschaftskritisch-problemorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht zum Bereich Bewertungskompetenz im Umfeld des Klimawandels. Dissertation. Universität Bremen, Bremen. Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN).

Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment. Psychological Review, 108(4), 814–834. https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.4.814

Jungermann, Helmut; Pfister, Hans-Rüdiger; Fischer, Katrin (2009): Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung. 3., Aufl. Heidelberg, Neckar: Spektrum Akademischer Verlag.

Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 135-153.

Rammstedt, B.; Kemper, C. J.; Klein, M. C.; Beierlein, C.; Kovaleva, A. (2014): Big Five Inventory (BFI-10). Online verfügbar unter https://zis.gesis.org/skala/Rammstedt-Kemper-Klein-Beierlein-Kovaleva-Big-Five-Inventory-(BFI-10), zuletzt geprüft am 25.10.23.

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (Hrsg.) (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometri schen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: Freie Universität Berlin.

Siew, Nyet Moi; Abdullah, Sopiah (2012): LEARNING FOR THE ENVIRONMENT: A TEACHING EXPERIENCE WITH SEMI-SCRIPTED ROLE PLAY. In: PEC 39 (1), S. 130-144. DOI: 10.33225/pec/12.39.131.

Stuckey, Marc & Feierabend, Timo & Nienaber, Sarah & Eilks, Ingo. (2011). Erfassung von Bewertungskompetenz in Gruppendiskussionen zum Klimawandel.

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; Humboldt-Universität zu Berlin (2020): Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. 1. Auflage. Köln: Carl Link Verlag.

Wilson, M. & Sloane, K. (2000). From Principles to Practice: An Embedded Assessment System. Applied Measurement in Education, 13(2), 181-208.

Matthias Fasching[1] [1]Universität Wien
Martin Hopf[1]

Intentionen & Beliefs von Lehrpersonen zum Bewerten von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht

Forschungsziel

Klimawandel und Klimakrise erfordern aufgrund bereits jetzt stattfindender und für die Zukunft prognostizierter Entwicklungen Maßnahmen in verschiedenen Bereichen, darunter auch dem Bildungswesen (IPCC, 2023). In Österreich wurde 2023 ein neuer Lehrplan für die Sekundarstufe 1 verordnet, der diesem akuten Handlungsbedarf unter anderem durch die Einführung des Kompetenzbereichs „Wetter und Klima" für Physik in der 8. Schulstufe begegnet (BMBWF, 2023). Neben der Fachwissensanwendung sollen Schüler*innen dabei auch zum Begründen von Standpunkten und Bewerten aus naturwissenschaftlicher Perspektive befähigt werden. Für „Wetter und Klima“ bedeutet dies beispielsweise, dass sie durch den Unterricht lernen, „Maßnahmen zur Einhaltung aktueller Klimaschutzziele auf persönlicher, regionaler und globaler Ebene einordnen und ihre Umsetzungsmöglichkeiten diskutieren“ zu können (BMBWF, 2023).

Bei Lehrpersonen zeigen sich hinsichtlich der unterrichtspraktischen Umsetzung dieser Ziele differenzierte Vor- und Einstellungen (Sadler et al., 2006; Mrochen & Höttecke, 2012) und sie nehmen Herausforderungen auf verschiedenen Ebenen wahr. Dazu zählen z. B. die Einschätzungen, dass das eigene Fachwissen mangelhaft sei, oder dass den Schüler*innen notwendige Fähigkeiten zur Bearbeitung entsprechender Aufgaben fehlen würden (Chen & Xiao, 2021).

Im Zuge eines Design-Based-Research-Projekts (DBR) (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) werden die Vor-/Einstellungen und wahrgenommenen Herausforderungen (weiterführend zusammengefasst als „Beliefs“) untersucht und bei der Entwicklung und Evaluation einer Lehrer*innenfortbildung zum Thema „Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht“ berücksichtigt – ähnlich, wie dies mit Schüler*innenvorstellungen bei der Entwicklung von fachlichen Lernumgebungen erfolgt (Kattmann et al., 1997; van Dijk & Kattmann, 2007). Mögliche Zusammenhänge zwischen ausgewählten Beliefs und der Bereitschaft/Intention von Lehrpersonen, entsprechende Diskussionen in der Praxis umzusetzen, stellen dabei Anknüpfungspunkte für die Entwicklung der Fortbildung dar.

Theoretischer Hintergrund

Zwar gelten Beliefs durch die Vermischung mit ähnlichen Begriffen (z. B. Vor- und Einstellungen) nach wie vor als "messy construct" (Pajares, 1992), dennoch finden Sie sich häufig in Theorien und Modellen wieder. Skott (2015) konnte zudem für viele Konzeptualisierungen gemeinsame Kernaspekte herausarbeiten. Beliefs umfassen demnach kognitiv-affektive mentale Konstrukte, die subjektiv wahr, zeitlich stabil und nur durch relevante soziale Praktiken veränderbar sind.

Als Rahmentheorie für die Entwicklung und Evaluation der Fortbildung wird das Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge (Carlson et al., 2019) verwendet. Darin agieren Beliefs beim Lernen von Lehrpersonen als Verstärker oder Filter für die individuelle Wissenskonstruktion. Auch in dem von uns verwendeten ERTE-Modell (van Dijk &

Kattmann, 2007) spielen Beliefs eine Rolle, indem sie bei der Gestaltung von Elementen der Lehrer*innenbildung als Grundlage für die "didaktische Rekonstruktion zweiter Ordnung" (Krumphals et al., 2019) herangezogen werden müssen. Die Theory of Planned Behavior (TPB) (Ajzen, 1991) gibt zudem Aufschluss über Zusammenhänge zwischen Beliefs und Intentionen von Lehrpersonen, das angeeignete fachdidaktische Wissen (z. B. zur Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen) in der Unterrichtspraxis umzusetzen (s. Abb. 1). Eine dahingehende Analyse ermöglicht Rückschlüsse, inwiefern ausgewählte Beliefs filternde und verstärkende Effekte aufweisen.

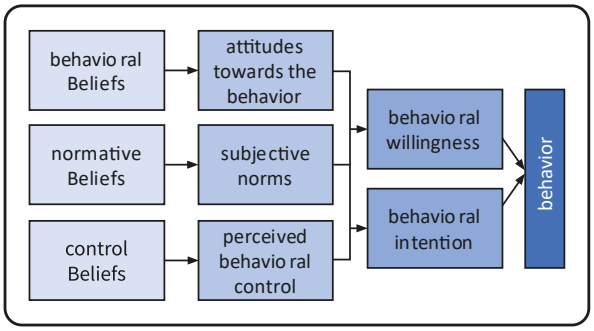


Abb. 1: Theory of Planned Behavior inkl. Bereitschaft (Ajzen, 1991; Heuckmann, 2020)

Forschungsfragen

Das langfristige Ziel dieses Forschungsprojekts folgt der Frage: *„Wie ist eine Fortbildung zur 'Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht' aufgebaut, deren Inhalte für die Lehrpersonen verständlich und für die Praxis anwendbar sind?“*. Dafür vorbereitend steht derzeit die folgende Forschungsfrage im Fokus: *„Welche Beliefs von Lehrpersonen zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht stellen relevante Ausgangspunkte für die forschungsbasierte Entwicklung einer entsprechenden Lehrer*innenfortbildung dar?“*. In Anlehnung an die TPB erscheint hierbei ein Aufgreifen jener Beliefs lohnend, deren Verstärkung/Abschwächung mit einer höheren Umsetzungsbereitschaft und -intention einhergeht.

Methodik

Gemäß den Annahmen von DBR wird ausgehend von einer Problemstellung eine Lernumgebung theorie-, evidenz- und praxisbasiert in mehreren Zyklen beforscht und (weiter-)entwickelt (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020). Im konkreten Fall stellt eine niedrige Intention oder Bereitschaft einzelner Lehrpersonen zur Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht die anfängliche Problemstellung dar. Fokus der aktuellen Forschung ist die Feststellung möglicher Zusammenhänge zwischen ausgewählten Beliefs und einer niedrigen Umsetzungsbereitschaft und -intention. Als Forschungsinstrument wird ein Online-Fragebogen verwendet, um quantitativ stichhaltige Aussagen tätigen zu können.

Als Grundlage für das Instrument dient ein Fragebogen für Biologielehrpersonen bezüglich des Unterrichts zum Thema „Krebserkrankungen“ von Heuckmann et al. (2018, 2019, 2020). Die Heranziehung und Adaptierung dieses Fragebogens für die Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen im Physikunterricht ist legitim, da es sich in beiden Fällen um Socioscientific Issues als Inhalt, Lehrpersonen als Zielgruppe und die TPB als theoretische

Grundlage handelt. Die meisten Belief-Items wurden übernommen und in ihrer Formulierung an die Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen angepasst. Einige Belief-Items wurden aus inhaltlichen Gründen entfernt, zusätzlich wurden auf Basis des systematischen Literaturreviews zum Unterrichten von Socioscientific Issues (Chen & Xiao, 2021) neue Items generiert. Die Items zu allen weiteren Konstrukten wurden in ihrer Formulierung angepasst.
Die hohe Zahl an Items erforderte eine Reduktion und Fokussierung auf wichtige Beliefs. Dies wurde durch die Befragung von Expert*innen der österreichischen Physiklehrer*innenbildung realisiert. Innerhalb der Expert*inneneinschätzung sowie anhand Think-Aloud-Interviews mit aktiven Physiklehrpersonen wurden zudem problematische Formulierungen und Unklarheiten identifiziert und die Items dahingehend überarbeitet.

Aktueller Arbeitsfortschritt

Der finale Fragebogen wurde im Oktober 2023 praktizierenden Physiklehrpersonen in Österreich über einen „Massive Open Online Course" zum neuen Lehrplan zugänglich gemacht. Von ursprünglich 74 Belief-Items wurden 18 Items von den Expert*innen (n=25) im Median als „wichtig" erachtet, weswegen diese Items im finalen Fragebogen aufgegriffen werden. Für weitere 17 Belief-Items, die im Median als „eher wichtig" oder darunter eingeschätzt wurden, wurde die Übernahme in den finalen Fragebogen individuell argumentiert (z. B. für das Belief, dass das Diskutieren von Klimaschutzzielen durch den Lehrplan gedeckt ist). Beispiele für Items sind in Tab. 1 ersichtlich.

Konstrukt/Kategorie	Beispielitem (DKM = Diskussion von Klimaschutzmaßnahmen)	#
Intention	Ich werde die DKM zukünftig in Physik durchführen.	6
Willingness	Ich möchte die DKM zukünftig in Physik durchführen.	6
Attitudes towards the Behavior	Ich empfinde die DKM in Physik als unwichtig/wichtig.	8
Subjective Norms	Menschen, die für den Physikunterricht von Bedeutung sind, finden die DKM in Physik wichtig.	4
Perceived Behavioral Control	Ich fühle mich sicher, die DKM in Physik durchzuführen.	7
Behavioral Beliefs	Die DKM wird das Interesse der Schüler*innen am Physikunterricht steigern.	10
Normative Beliefs	Eltern werden von mir erwarten, dass ich die DKM in Physik durchführe.	8
Control Beliefs	Es wird ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien für die DKM in Physik geben.	16

Tab. 1: Beispielitems des finalen Fragebogens

Fazit und Ausblick

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen Beliefs und Bereitschaft/Intention ist bei ausreichendem Rücklauf mit dem „Multiple Indicators Multiple Causes"-Modell (Borges, 2016) vorgesehen. Als Limitation ist bereits jetzt anzuführen, dass die Teilnahme an der Fragebogenerhebung freiwillig ist und somit kaum eine repräsentative Stichprobe erreicht werden kann. Dennoch wird damit gerechnet, dass Zusammenhänge zwischen Beliefs und Bereitschaft/Intention feststellbar sind. Diese Einschätzung bezieht sich insbesondere auf Control Beliefs, welche hinsichtlich der Implementierung fachdidaktischer Innovationen nach Breuer (2021) auch als „pragmatischen Kriterien" angesehen werden können.

Literatur

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50 (2), 179–211

Breuer, J. (2021). Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Berlin: Logos

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2023). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen (BGBl. II Nr. 1/2023). Online unter: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568 [Zugriff am 12.10.2023]

Carlson, J., et al. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. Springer: Singapore, 77–94

Chen, L. & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. Educational Research Review, 32, Artikel 100377

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research, 16 (2), Artikel 20152

Heuckmann, B., Hammann, M. & Asshoff, R. (2018). Using the theory of planned behaviour to develop a questionnaire on teachers' beliefs about teaching cancer education. Teaching and Teacher Education, 75, 128–140

Heuckmann, B., Hammann, M. & Asshoff, R. (2019). Advantages and Disadvantages of Modeling Beliefs by Single Item and Scale Models in the Context of the Theory of Planned Behavior. Education Sciences, 9 (4), Artikel 268

Heuckmann, B., Hammann, M. & Asshoff, R. (2020). Identifying predictors of teachers' intention and willingness to teach about cancer by using direct and belief-based measures in the context of the theory of planned behaviour. International Journal of Science Education, 42 (4), 547–575

IPCC (2023). Climate Change 2023 Synthesis Report. Summary for Policymakers Online unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf [Zugriff am 12.10.2023]

Kattmann, U., Reinders, D., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3, 3–18

Krumphals, I., Hopf, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Teacher students' beliefs about teaching physics and their teacher education. Journal of Physics: Conference Series, 1287, Artikel 12039

Mrochen, M. & Höttecke, D. (2012). Einstellungen und Vorstellungen von Lehrpersonen zum Kompetenzbereich Bewertung der Nationalen Bildungsstandards. Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, 1 (1), 113–145

Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. Review of Educational Research, 62 (3), 307–332

Sadler, T. D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M. & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and Ethics in Science Classrooms: Teacher Perspectives and Strategies. Journal of Research in Science Teaching, 43 (4), 353–376

Skott, J. (2015). The Promises, Problems and Prospects of Research on Teachers' Beliefs. In H. Fives & M. G. Gill (Eds.), International handbook of research on teachers' beliefs. Routledge: New York, 13-30

van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education, 23 (6), 885–897

Christina Priert[1]
Jürgen Menthe[1]

[1]Universität Hildesheim

Typisierung von Jugendlichen im Umgang mit der Klimakrise

Theoretischer Hintergrund

Wie alle Individuen sind auch Jugendliche bereits von vielfältigen Erfahrungen geprägt. Sie haben einen Habitus ausgebildet, der „ein System relativ stabiler Dispositionen des Denkens („Vorstellungen“) und des Handelns („Praktiken“) darstellt, die das Welt- und Selbstverhältnis […] in einer grundlegenden Weise strukturieren.“ (Koller 2012, S. 24). Individuen entwickeln im Laufe ihres Lebens und unter Einfluss gegenwärtiger Ereignisse ein Selbst- sowie ein Weltverhältnis, welche die Orientierung des Individuums maßgeblich beeinflussen und steuern. Diese Verhältnisse sind nicht statisch, sondern unterliegen Veränderungen durch neue und fremdartige Erfahrungen, die womöglich bedrohlich wirken und zu der bisherigen Vorstellung der eigenen Welt konträr sind. Diese „Erfahrung des Fremden“ (Koller 2012, S. 83) kommt krisenhaft daher und initiiert Bildungsprozesse. „Bildungsprozesse bestehen demzufolge also darin, dass Menschen in der Auseinandersetzung mit neuen Problemlagen neue Dispositionen der Wahrnehmung, Deutung und Bearbeitung von Problemen hervorbringen, die es ihnen erlauben, diesen Problemen besser als bisher gerecht zu werden.“ (Koller 2012, S. 15) Die Analyse impliziter Wissensbestände ermöglicht Einblicke, wie Krisen von Jugendlichen wahrgenommen werden und wie sie mit Krisen umgehen. Aus einigen rekonstruktiven Studien geht hervor, dass Jugendliche den Klimawandel als ernst zu nehmende Bedrohung ansehen, sich selbst jedoch eher eine passive und weniger gestaltende Rolle zuweisen (Sander 2016; Holfelder 2018; Pusch & Horne 2021). Die jüngste krisenhafte Erfahrung ist die COVID19-Pandemie. Die Pandemie hat das Leben der Jugendlichen stark beeinflusst und wodurch sich die Selbst- und Weltverhältnisse verändert haben. Es liegt nahe, dass das auch Einfluss darauf hat, wie der Klimawandel wahrgenommen und ausgehandelt wird. Mittels der Forschungsfrage *„Wie gehen Jugendliche mit den aus den Krisen resultierenden Herausforderungen und den damit verbundenen eigenen Unsicherheiten um?“* sollen die implizit verankerten Sichtweisen, Handlungsperspektiven und damit die Orientierungen von Jugendlichen rekonstruiert werden.

Design und Sample

Im Zeitraum von Juni 2021 bis Februar 2022 wurden Gruppeninterviews mit insgesamt 40 Jugendlichen im Alter von 13-19 Jahren durchgeführt. Die insgesamt 14 Gruppendiskussionen wurden durch Audiovignetten und Diskussionsimpulse thematisch fokussiert und behandelten Aspekte des Klimawandels und der COVID19-Pandemie. Um die Selbstläufigkeit des Gesprächs zu fördern, wurden die Impulse von den Schüler:innen unter Abwesenheit der Interviewerin bearbeitet. Auf diese Weise wurde ihnen der Raum gegeben, sich frei äußern zu können, sodass sich eine Gruppendynamik entwickeln konnte, in der kollektive Erfahrungsräume entfaltet wurden. Das erhobene Datenmaterial wurde nach der Transkription mittels eines rekonstruktiven Verfahrens ausgewertet. Hierzu wurde sich der Dokumentarischen Methode bedient, bei der sowohl das kommunikative als auch das konjunktive Wissen berücksichtigt werden, um die kollektiven Erfahrungsräume rekonstruieren zu können. Dabei liegt der Fokus auf dem „Modus Operandi“ (Bohnsack 2014, S. 61), der die Struktur der Alltagspraxis darstellt. Eine Rekonstruktion des *Wie*? einer strukturierten Praxis legt die habitualisierten Denk- und Handlungsweisen und damit die

Orientierungen offen (Rabe et al. 2023). Speziell für Gruppendiskussionen wurde die dokumentarische Gesprächsanalyse als Auswertungsverfahren angewendet (Przyborski 2004).

Ergebnisse

Bei der Rekonstruktion der konjunktiven Wissensebene zeigte sich, dass die Schüler:innen bei der Auseinandersetzung mit den Krisen, den daraus resultierenden Herausforderungen und der Konstruktion der eigenen Realität mittels implizit verankerter Wissensbestände Unsicherheiten offenbarten. Diese Unsicherheiten bilden den Modus Operandi, welcher im Zuge einer sinngenetischen Typenbildung (Bohnsack et al. 2013, S. 248) im fallübergreifenden Vergleich weiter abstrahiert werden konnte, was zu einer Gliederung in drei Oberkategorien führte: Unsicherheit aufgrund des Ausmaßes der Krise, Unsicherheit aufgrund von Krisenbewältigungsstrategien und Unsicherheit aufgrund einer Verantwortlichkeitszuweisung. Diese ließen sich in Subkategorien gliedern (Tabelle 1).

Tabelle 1: Unsicherheiten im Zuge der Auseinandersetzung mit dem Klimawandel und der COVID19-Pandemie.

Unsicherheit aufgrund des Ausmaßes der Krise	**Unsicherheit aufgrund von Krisenbewältigungs-strategien**	**Unsicherheit aufgrund einer Verantwortlich-keitszuweisung**
Unsicherheit aufgrund der Komplexität	Unsicherheit aufgrund der Herangehensweise	Unsicherheit aufgrund der Zuständigkeit
Unsicherheit aufgrund der Folgen und Gefahren einer Krise	Unsicherheit aufgrund der Folgen und Wirkungen einer Bewältigung	Unsicherheit aufgrund der Expertokratie
	Unsicherheit aufgrund der Realisierbarkeit von Strategien	
	Unsicherheit aufgrund der Entscheidungsfindung	

Durch eine Kontrastierung der Gruppen im Gemeinsamen – dem Modus Operandi – konnte anschließend eine Spezifizierung vorgenommen werden, die ebenfalls ein Teilschritt der sinngenetischen Typenbildung ist (ebd.). Die unterschiedlichen Umgangsmodi bezüglich des Modus Operandi markierten dabei den Kontrast, sodass diese Umgangsmodi ausformuliert wurden. Diese Ausformulierung bildete die Grundbasis der Typisierung der Gruppen bzw. Individuen. Aus den unterschiedlichen Umgangsstrategien heraus wurden fünf Obertypen definiert: Die *Durchdenkenden*, die *Kritisierenden*, die *Beobachtenden*, die *Optimist:innen* und die *Distanzierten*. Es konnte weiterhin eine Ausschärfung von drei der fünf Obertypen vorgenommen werden, bei der sich die jeweiligen Subtypen in wichtigen Aspekten unterscheiden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Beschreibung der Ober- und Subtypen.

	Beschreibung
Durchdenkende	Im durchdenkenden Modus werden Vergleiche und Analogien hergestellt, Perspektiven gewechselt und nach Lösungen gesucht. a) *Sarkastische Durchdenkende*: Das Durchdenken wurde mit sarkastischen, teils fatalistischen Äußerungen gerahmt. b) *Zuversichtliche Durchdenkende:* Nach intensivem Durchdenken wurde eine zukunftsorientierte Zuversicht deutlich, allerdings mit Distanz zu Verantwortung.
Kritisierenden	Dies sind stark externalisierende Personen, die durch sarkastische, spöttische, skeptische oder extrem kritische Äußerungen auffielen. a) *Sarkastische Kritiker*: Aspekte wurden spöttisch, skeptisch, sarkastisch sowie kritisch hinterfragt und zwar mit Distanz von eigener Verantwortung. b) *Selbstbestimmende Kritiker:* Hier wurde teils sarkastisch angehauchte Kritik geäußert, allerdings mit einer klaren Forderung nach selbstbestimmtem Handeln.
Beobachtende	Es zeigte sich ein betrachtendes und beschreibendes Vorgehen. a) *Ohnmächtige Beobachter:* Entscheidungsoptionen werden betrachtet und durchdacht, aber mit Distanz von individuellem und gesellschaftlichem Handeln. b) *Argwöhnische Beobachter:* Bei der Betrachtung der kritisch angesehenen Entscheidungs- sowie Handlungsoptionen werden Forderungen formuliert und es findet eine Verantwortungsübertragung statt.
Optimist:innen	Kommunizierten Unsicherheiten wird risikobereit und zuversichtlich begegnet. Exploration und Erprobung stehen im Fokus. Das Ausprobieren von Handlungsoptionen wird nicht als eine Gefahr angesehen, sodass ein Handeln angestrebt wird. Der Ausgang von Handlungen wird dabei nicht kritisch eingeschätzt, sondern mit Optimismus behandelt. Gleichzeitig wird von der Gesellschaft ein Handeln erwartet.
Distanzierte	Hier wurde sich verbal von Unsicherheiten distanziert, indem eine klare Ablehnung stattfand. Dabei werden keine weiteren Perspektiven ins Spiel gebracht oder keine anzustrebende eigene Realität konstruiert. Teilweise findet keine Auseinandersetzung mit den Unsicherheiten statt, da eine Themenverschiebung initiiert wird.

Fazit

Viele Personen konnten dem Obertyp *Beobachtende* zugeordnet werden. Die Obertypen *Durchdenkende, Kritisierenden* und *Distanzierte* sind etwa gleich verteilt, während der Obertyp *Optimist:innen* lediglich zwei Mal vertreten ist. Auffällig ist, dass nicht immer dieselbe Strategie für beide Krisen angewendet wurde. Es gibt krisenübergreifende, allerdings auch krisenspezifische Strategien. Beispielsweise konnten viele Personen beim Umgang mit Unsicherheiten im Kontext des Klimawandels zum Subtyp *zuversichtliche Durchdenkende* zugeordnet werden, während sie bei der Pandemie eine *argwöhnische Beobachterposition* eingenommen haben. Hieraus geht hervor, dass diese Personen ein optimistisches Vorgehen im Umgang mit Unsicherheiten rund um den Klimawandel anwenden, wohingegen Unsicherheiten im Kontext der Pandemie kritischer betrachtet werden. Insgesamt zeigt sich demnach, dass mit Krisen nicht nur individuell umgegangen wird, sondern dass sich auch die Strategie ändern kann, wenn sich die Qualität der Krise unterscheidet.

Literatur

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis: Grundlagen qualitativer Sozialforschung (3., aktualisierte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bohnsack, R. (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden (UTB, 8242: Erziehungswissenschaft, Sozialwissenschaft, 9., überarb. und erw. Aufl.). Opladen, Toronto: Budrich.

Holfelder, A.-K. (2018). Orientierungen von Jugendlichen zu Nachhaltigkeitsthemen. Dissertation. Wiesbaden.

Koller, H.-C. (2012). Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse (Pädagogik). Stuttgart: Kohlhammer.

Pusch, B. & Horne, C. (2022). Our Common Future Today: Umwelt- und Nachhaltigkeitsorientierungen von Jugendlichen in der Pfalz, In: Bünger, C., Czejkowska, A., Lohmann, I. & Steffens, G. (Hrsg.). (2022). Zukunft - Stand jetzt (Jahrbuch für Pädagogik, Bd. 2021, 1. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.

Przyborski, A. (2004). Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Rabe, T., Abels, S., & Menthe, J. (2023). Naturwissenschaftsdidaktik und Dokumentarische Methode. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, *29*(1).

Sander, H. (2016). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft. Dissertation. Universität Hamburg, Hamburg.

Sarah Wildbichler[1]
Thomas Schubatzky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[2]

[1]Universität Innsbruck
[2]Universität Graz

Forschungsgeleitete Entwicklung einer Lernumgebung zum Treibhauseffekt

Hintergrund

Der anthropogene Klimawandel verursacht bereits heute negative Auswirkungen auf Mensch und Natur. Um die Welt in Zukunft gerecht und nachhaltig zu gestalten, sind größere Anstrengungen in den Bereichen Mitigation und Adaption notwendig (IPCC, 2022). Klimabildung nimmt hier die wichtige Rolle ein, Menschen u.a. durch Wissensaufbau zu verantwortungsvollem Handeln zu ermächtigen (UNESCO, 2022) und bildet somit einen Baustein im Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels (Chang, 2022). Ein konzeptuelles Verständnis des Klimawandels ist dabei eine wichtige Voraussetzung, um den Einfluss eigener Handlungen zu verstehen (Chang, 2022). Obwohl Wissen nicht automatisch zu Handlungen führt (Kennedy et al., 2009) und Verhaltensentscheidungen auch von anderen Faktoren beeinflusst werden (Bofferding & Kloser, 2015), zeigen Forschungsergebnisse von Bord et al. (2000), dass ein naturwissenschaftliches Verständnis der Ursachen des Klimawandels die Unterstützung der Öffentlichkeit für wirksame Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels beeinflusst. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels müssen daher bereits im Pflichtschulbereich thematisiert werden, um alle Schüler:innen im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu erreichen.

Forschungsinteresse und Zielsetzung

Der Treibhauseffekt ist ein zentrales Konzept für das Verständnis des Klimawandels (Schubatzky et al., 2023). Eine systematische Literaturanalyse (Wildbichler et al., eingereicht) zeigt, dass es zum Treibhauseffekt vielfältige Schülervorstellungen gibt, die häufig nicht der naturwissenschaftlichen Sichtweise entsprechen. Diese sollten im Unterricht zu angemessenen Vorstellungen weiterentwickelt werden, um einem drohenden Kreislauf aus mangelndem Wissen und Inaktivität (Chang, 2022) entgegenzuwirken. Die Fragestellung, die wir in diesem Projekt insgesamt untersuchen möchten, lautet daher:

Wie kann das Thema Treibhauseffekt am Ende der Sekundarstufe I lernwirksam unterrichtet werden?

Neben der Entwicklung einer lernwirksamen Lehr-Lernumgebung gilt unser Bestreben der Weiterentwicklung domänenspezifischer Lehr-Lerntheorien. Als Grundlage dafür dienen Untersuchungen zu Lernprozessen zum Treibhauseffekt (z.B. Niebert & Gropengießer, 2014; Reinfried & Tempelmann, 2014) sowie domänenspezifische Lehr-Lerntheorien zur Strahlenoptik (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) und zur elektromagnetischen Strahlung (Zloklikovits & Hopf, 2021).

Systematische Analyse der Schülervorstellungen

Im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) werden die Voraussetzungen der Lernenden bei der Lernumgebungsentwicklung besonders berücksichtigt. Dazu zählen die bereits erwähnten vielfältigen Schülervorstellungen zum Treibhauseffekt. Daher wurde vorbereitend ein Systematischer Review über Schülervorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels (Wildbichler et al., eingereicht)

durchgeführt. Die Vorgangsweise orientiert sich an den PRISMA-Guidelines (Page et al., 2021) und früheren Reviews mit ähnlichem Themenfokus (z.B. Bhattacharya et al., 2021).
In der analysierten Literatur werden Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts, über die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipen und naturwissenschaftlichen Konzepte, wie zum Beispiel elektromagnetische Strahlung, über Treibhausgase, über den natürlichen und den verstärkten Treibhauseffekt, über Auswirkungen des Treibhauseffekts, sowie eine generelle Verwechslung des Treibhauseffekts mit anderen Phänomenen beschrieben. In Abb. 1 werden beispielhaft die Ergebnisse des Reviews zu Kategorien von Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts dargestellt.

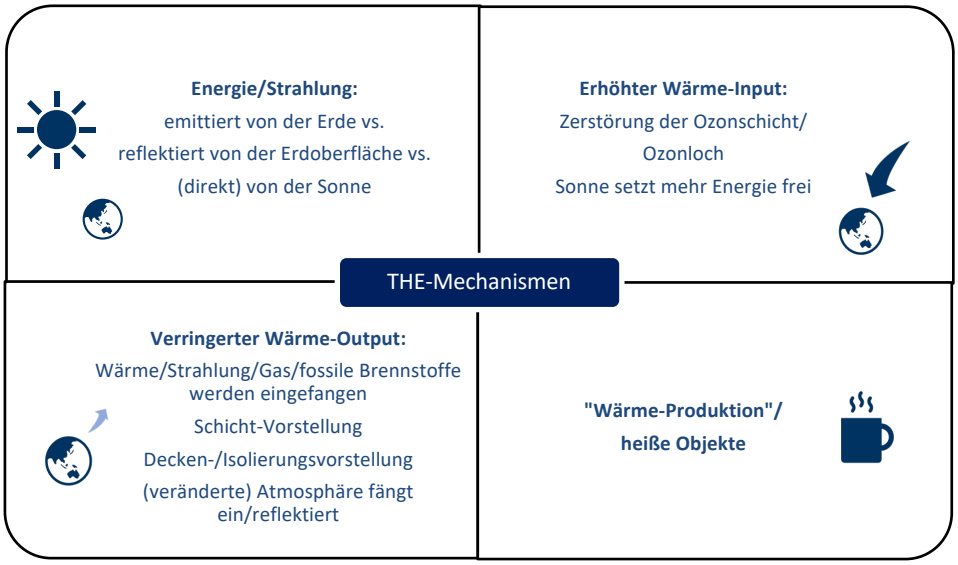


Abb. 1: Kategorien von Schülervorstellungen über die Mechanismen des Treibhauseffekts.

In der analysierten Literatur wird berichtet, dass es unterschiedliche Schülervorstellungen zur Herkunft der Energie oder Strahlung gibt, die für den Treibhauseffekt verantwortlich ist. Zu diesen Vorstellungen gehört die aus naturwissenschaftlicher Sicht korrekte Beschreibung, dass die Energie oder Strahlung von der Erde emittiert wird. Allerdings werden auch Vorstellungen beschrieben, nach denen die Energie oder Strahlung von der Erde reflektiert wird oder direkt von der Sonne kommt. Der Gesamtprozess des Treibhauseffekts wird laut der analysierten Literatur entweder als erhöhter Wärme-Input, als verringerter Wärme-Output oder als „Wärme-Produktion“ beschrieben. Der erhöhte Wärme-Input entsteht entweder durch die Zerstörung der Ozonschicht oder das Ozonloch, mit der Folge, dass mehr Strahlung auf die Erdoberfläche gelangt, oder durch eine verstärkte Energiefreisetzung durch die Sonne. Der verringerte Wärme-Output entsteht durch das Einfangen von Wärme, Strahlung, Gasen oder fossilen Brennstoffen durch eine distinkte Schicht in der Atmosphäre, durch eine Art Decke oder Isolierung aus Treibhausgasen, oder durch die (gegebenenfalls veränderte) Atmosphäre generell. Die Vorstellung der „Wärme-Produktion“ beschreibt eine Erwärmung der Erde und/oder ihrer Atmosphäre durch heiße Objekte wie Fabriken oder Autoabgase (Wildbichler et al., eingereicht).

Ausblick: Methodische Vorgangsweise und Design der Lernumgebung

Die Entwicklung der Lehr-Lernumgebung erfolgt im Rahmen eines Design-Based Research-Ansatzes (Bakker, 2018). Dafür werden zunächst theoriegestützte Annahmen über Lehr-Lernprozesse zum Treibhauseffekt entwickelt, die im Folgenden als Design-Annahmen (Bernsteiner et al., 2023) bezeichnet werden. Daraus werden Designkriterien abgeleitet, auf deren Basis wiederum Design-Entscheidungen für die Entwicklung der Lehr-Lernumgebung getroffen werden (Bernsteiner et al., 2023).

Beispielhaft werden im Folgenden zwei Design-Annahmen sowie daraus abgeleitete Design-Kriterien vorgestellt. Eine lerntheoretische Design-Annahme ist, dass im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) die Voraussetzungen der Lernenden bei der Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen maßgeblich sind. Daraus leiten wir unter anderem das Design-Kriterium ab, dass aus der Literatur bekannte Schülervorstellungen, welche im Systematischen Review analysiert wurden, eine Grundlage der Lernumgebungsentwicklung darstellen. Eine domänenspezifische Design-Annahme ist, dass der Treibhauseffekt für Schüler:innen abstrakt ist, da sich die zugrundeliegenden Phänomene im Mikro- und Makrokosmos abspielen, unsere Erfahrungen sich aber auf den Mesokosmos beziehen (Niebert & Gropengießer, 2014). Aus den beiden genannten Design-Annahmen leiten wir weitere Design-Kriterien ab, etwa dass Lerngelegenheiten bildliche Darstellungen und Analogieexperimente beinhalten und deren modellhaften Charakter reflektieren, oder dass in den Lerngelegenheiten die Vorstellungen der Schüler:innen wiederholt abgeglichen und reflektiert werden. Weitere Design-Annahmen beziehen sich unter anderem auf Faktoren, die den Lernerfolg unterstützen, wie adaptiven Unterricht (Parsons et al., 2018) oder Peer-Interaktionen (Tenenbaum et al., 2020), oder auf lokale Lehr-Lerntheorien in anderen Domänen (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020; Zloklikovits & Hopf, 2021).

Aktuell wird die Lehr-Lernumgebung auf Grundlage der beschriebenen sowie weiterer Design-Annahmen und Design-Kriterien entwickelt. Im nächsten Schritt sollen im Rahmen von Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) Lernprozesse einzelner Schüler:innen beim Durchlaufen der Erstversion der Lehr-Lernumgebung untersucht werden. Die Aufzeichnungen der Akzeptanzbefragungen werden anschließend mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) analysiert. Darauf folgen weitere Design-Zyklen, in denen die Lehr-Lernumgebungen auf Grundlage der Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen überarbeitet und anschließend erneut im Rahmen weiterer Akzeptanzbefragungen erprobt wird.

Literatur

Bakker, A. (2018). Design research in education: A practical guide for early career researchers. Oxon, New York: Routledge

Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C., Spitzer, P., & Schubatzky, T. (2023). Entwicklung und Beforschung einer Lehrveranstaltung zu Physical Computing mit Arduino in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung. Progress in Science Education, 6(2), 63-90

Bhattacharya, D., Carroll Steward, K., & Forbes, C. T. (2021). Empirical research on K-16 climate education: A systematic review of the literature. Journal of Geoscience Education, 69(3), 223–247

Bord, R. J., O'Connor, R. E., & Fisher, A. (2000). In what sense does the public need to understand global climate change? Public Understanding of Science, 9(3), 205–218

Chang, C. H. (2022): Climate Change Education: Knowing, Doing and Being (2nd ed.). London: Routledge

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2020): Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research 16(2), 020152

IPCC (2022): Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge, New York: Cambridge University Press

Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger (Eds.), Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer, 93-104

Kennedy, E. H., Beckley, T. M., McFarlane, B. L., & Nadeau, S. (2009). Why We Don't "Walk the Talk": Understanding the Environmental Values/Behaviour Gap in Canada. Human Ecology Review, 16(2), 151–160

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4th ed.). Weinheim, Basel: Beltz

Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Understanding the Greenhouse Effect by Embodiment-Analysing and Using Students' and Scientists' Conceptual Resources. International Journal of Science Education, 36(2), 277–303

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Systematic Reviews, 10(1), 89

Parsons, S. A., Vaughn, M., Scales, R. Q., Gallagher, M. A., Parsons, A. W., Davis, S. G., Pierczynski, M., & Allen, M. (2018). Teachers' Instructional Adaptations: A Research Synthesis. Review of Educational Research, 88(2), 205–242

Reinfried, S., & Tempelmann, S. (2014). The Impact of Secondary School Students' Preconceptions on the Evolution of Their Mental Models of the Greenhouse Effect and Global Warming. International Journal of Science Education, 36(2), 304–333

Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Jedamski, M., Lindemann, H., & Cardinal, K. (2023): Entwicklung des Concept-Inventory CCCI-422 zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 29(10),

Tenenbaum, H. R., Winstone, N. E., Leman, P. J., & Avery, R. E. (2020). How effective is peer interaction in facilitating learning? A meta-analysis. Journal of Educational Psychology, 112(7), 1303–1319

UNESCO (2022). Climate change education. https://www.unesco.org/en/education/sustainable-development/climate-change

Wiesner, H., & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), IPN: Bd. 151. Lernen in den Naturwissenschaften: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel: IPN, 250-274

Wildbichler, S., Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (eingereicht): Students' ideas about the scientific underpinnings of climate change: A systematic review of the literature

Zloklikovits, S., & Hopf, M. (2021): Evaluating key ideas for teaching electromagnetic radiation. Journal of Physics: Conference Series 1929, 012063

Benjamin Münch Universität Regensburg
Oliver Tepner

Klassifikation schriftlicher Reflexionen mit Large Language Models

Abstract
In der universitären Lehrkräftebildung wird die schriftliche Reflexion eigener Unterrichtserfahrungen für die professionelle Entwicklung von Lehrkräften genutzt. Oftmals ist das gegebene Feedback allgemein gehalten und nicht spezifisch auf den Inhalt bezogen. Fortschritte in der Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing) können helfen, schriftliche Reflexionen besser zu analysieren. In dieser Studie werden natürliche Sprachverarbeitung und maschinelles Lernen verwendet, um einen sog. Klassifikator zu trainieren. Dieser soll die schriftlichen Reflexionen von angehenden Chemielehrkräften nach bestimmten Kriterien klassifizieren, die bisher mit Hilfe klassischer Kodiermanuale identifiziert wurden. Anschließend wird geprüft, ob das trainierte Modell in der Lage ist, die Elemente des Reflexionsmodells in den schriftlichen Reflexionen zu identifizieren. Ziel ist die Entwicklung eines automatisierten Feedback-Tools, welches das eher allgemeine Feedback durch datengestütztes analytisches Feedback ergänzt und eine Alternative zum klassischen Kodieren darstellt.

Theoretischer Hintergrund

Laut KMK (2004) sollen Lehrkräfte im Sinne der Professionalisierung in der Lage sein, ihren Unterricht zu reflektieren, um die eigene Kompetenzen weiterzuentwickeln.
Hierbei ist Reflexion als ein gedanklicher Prozess zu sehen, bei dem Erlebnisse wie Erfahrungen, Beobachtungen und Gefühlseindrücke analysiert werden. Das Ziel dieser Analyse ist die professionelle Weiterentwicklung als Lehrkraft (Von Aufschnaiter et al., 2019).
Zudem kann das Reflektieren Lehrkräften dazu dienen, Aufschluss über die Qualität der eigenen Planung und die Effektivität des eigenen Unterrichts zu geben (Plöger & Scholl, 2014). Reflexionskompetenz kann also als Schlüsselkompetenz (Bosse, 2012) verstanden werden, die im Sinne der Professionalisierung von Lehrkräften gefördert werden sollte (Terhart et al., 2014). Auch im *Refined Consensus Modell of PCK* (Carlson et al., 2019) stellt Reflexion einen wichtigen Schritt des *Enacted PCK* (ePCK) dar, welches in direkter Wechselwirkung mit dem *Personal PCK* (pPCK) steht, das beispielweise durch professionelles Feedback gefördert werden kann.
Nach Haag & Götz (2019) ist Feedback eine „auf Daten basierende Rückmeldung an eine Person bzw. Personengruppe zu ihrem vorherigen Verhalten“, wobei in dieser Definition der Begriff Beurteilung explizit vermieden wird. Geht es um die Förderung der Selbstreflexionsfähigkeit, so stellt Feedback ein wesentliches Kriterium dar, um schriftliche Reflexionen weiterzuentwickeln (Jahncke et al., 2018). Allerdings finden sich Hinweise, dass prozedurales Reflexionswissen sowohl durch Fremd- als auch Selbstreflexion gefördert werden kann (Kobl, 2021).
Bisher wurden schriftliche Reflexionen mit Kodierleitfäden ausgewertet, um anschließend Feedback zu geben (Jahncke et al., 2018; Kobl, 2021; Reimer & Tepner, 2023). Dies ist zeitlich sehr aufwändig und außerdem fehleranfällig. Eine alternative Möglichkeit zur Analyse

schriftlicher Reflexionen bieten Ansätze des Natural Language Processing (NLP) (Jurafsky & Martin, 2008), wie Studien aus der Physikdidaktik zeigten (Wulff et al., 2020). Mit der Entwicklung großer Sprachmodelle, wie BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) (Devlin et al., 2018) können außerdem Klassifikationen effizienter durchgeführt werden, als es bisher mit Deep-Learning-Architekturen möglich war (Wulff et al., 2022).

Forschungsvorhaben

Zur Analyse von Reflexionstexten zu Unterrichtsplanungen von Studierenden des Chemielehramts soll ein Modell trainiert werden, welches sich inhaltlich an Facetten von Reflexionskompetenz orientiert, die bisher von Kodierleitfäden (Kobl, 2021; Reimer & Tepner, 2023) erhoben wurden. Zudem soll der Klassifikator zu einem Feedback-Tool für Dozierende weiterentwickelt werden.

Forschungsfragen

- Inwiefern lässt sich ein Modell trainieren, das eine Alternative zu klassischen Kodiermanualen, welche Aspekte der Reflexionskompetenz von Studierenden des Chemielehramts misst, darstellt?
- Inwiefern lässt sich ein Machine Learning basiertes Tool einsetzen, um Reflexionsprozesse von angehenden Chemielehrkräften zu unterstützen?

Nach Abschluss des Trainingsprozesses sollen die Scoring-Ergebnisse des Modells mit dem bereits entwickelten Kodiermanual vergleichen werden. Dies dient auch der Validierung des zu entwickelnden ML-Ansatzes. Bisher befindet sich die Studie in der Vorverarbeitung der Daten, die in einem Planungsseminar für Studierende des Chemielehramts erhoben wurden, sodass sie für das Training des Klassifikators genutzt werden können.

Literatur

Bosse, D. (2012). Zur Situation der Lehrerbildung in Deutschland. *Reform der Lehrerbildung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Teil*, *1*, 11–28.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., … Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. https://doi.org/10.48550/ARXIV.1810.04805

Haag, L., & Götz, T. (2019). Was wissen wir über Feedback? : Synopse des aktuellen Forschungsstandes. *Friedrich Jahresheft*, *37*, 14–17.

Jahncke, H., Berding, F., Porath, J., & Magh, K. (2018). Einfluss von Feedback auf die (Selbst-) Reflexion von Lehramtsstudierenden. *Beiträge zu Praxis, Praxisforschung und Forschung Jahrgang 2018*, 505–530.

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2008). Speech and Language Processing: An introduction to speech recognition, computational linguistics and natural language processing. *Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall*.

KMK (Hrsg.). (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. D. F. vom 07.10.2022)*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf

Kobl, C. (2021). *Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie*. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/5259

Plöger, W., & Scholl, D. (2014). Analysekompetenz von Lehrpersonen–Modellierung und Messung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *1*(17), 85–112.

Reimer, S., & Tepner, O. (2023). Aufbau adaptiver Erklärkompetenz durch Reflexion von Unterrichtvideos. In *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung 2022* (S. 989–992). Duisburg-Essen: Universität.

Terhart, E., Bennewitz, H., & Rothland, M. (2014). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Waxmann. http://sub-hh.ciando.com/book/?bok_id=1721688

Von Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption*, *Gestaltung und Diskussion*, 144-159 Seiten. https://doi.org/10.4119/HLZ-2439

Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., & Borowski, A. (2020). Potentiale automatischer Sprachverarbeitung für die Fachdidaktik. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019* (S. 49–54).

Wulff, P., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Utilizing a Pretrained Language Model (BERT) to Classify Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-022-00290-6

Tobias Bier
Maike Sauer
Dirk Felzmann
Alexander Kauertz
Björn Risch
Sandra Nitz

Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

System^{Think} – Systemdenken in den naturwissenschaftlichen Fächern

Ausgangslage

Aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen wie beispielsweise die Klimakrise oder globale Pandemien weisen systemische Eigenschaften auf (z.B. nicht-lineare Dynamiken). Die konstruktive Auseinandersetzung mit diesen komplexen und sich ständig verändernden Problematiken erfordert eine Herangehensweise, die über die im Bereich der MINT-Fächer inhärenten analytisch-reduktionistischen Betrachtungen hinausgeht. Vielmehr ist eine systemische Perspektive vonnöten, in der die dynamischen Interaktionen und Verbindungen zwischen den Komponenten eines Systems intensiv analysiert werden, um darauf aufbauend Modelle zu erstellen und Prognosen hinsichtlich der Entwicklung des Systems zu generieren (Bertalanffy, 1950; Dörner, 2017). Die systemische Perspektive auf naturwissenschaftliche Phänomene stellt eine gemeinsame Leitidee in den MINT-Fächern dar.

Stand der Forschung

Bisherige Arbeiten bezüglich des systemischen Denkens in den MINT-Fächern haben sich primär der Strukturierung und Förderung von eben diesem systemischen Denken gewidmet (Brockmüller, 2019; Fraune, 2014; Mambrey, Timm, Landskron & Schmiemann, 2020; Mehren, Rempfler, Ulrich-Riedhammer, Buchholz & Hartig, 2016; Rieß & Mischo, 2008). In diesem Zusammenhang konnte bereits in empirischen Studien belegt werden, dass die Kompetenz des systemischen Denkens bei Lernenden im Rahmen des MINT-Unterrichts generell gefördert werden kann (z.B. Fraune, 2014, S. 19; Streiling, Hörsch & Rieß, 2019). Trotz der klaren Bedeutsamkeit des systemischen Denkens für den MINT-Unterricht und der aktuell soliden Forschungslage hinsichtlich der Entwicklung von Kompetenzmodellen und Förderansätzen, zeigt der Blick auf die Unterrichtspraxis eine eher geringe Implementation des systemischen Denkens. Darüber hinaus zeigen sich für jene Implementation fachspezifische und durch die jeweilige Fachkultur geprägte Unterschiede auf (York, Lavi, Dori & Orgill, 2019). Obgleich die MINT-Fächer ein gemeinsames naturwissenschaftliches Verständnis von Systemen nach Bertalanffy (1950) teilen, adressiert jedes einzelne Fach zudem eine spezifische Perspektive auf Systeme und weist potenziell fachspezifische Herangehensweisen auf. Darüber hinaus ergibt sich für den MINT-Unterricht mit Blick auf die konstruktive Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Herausforderungen noch eine weitere Perspektive, die insbesondere im Kontext von Bewertungskompetenz relevant wird und naturwissenschaftliche sowie gesellschaftswissenschaftliche Perspektiven miteinander verknüpft. Es können somit potenziell fachspezifische Perspektiven von einer fächerübergreifend naturwissenschaftlichen Perspektive und einer allgemeinen domänenübergreifenden Perspektive unterschieden werden.

Forschungsinteresse

Das Projekt System^{Think} verfolgt das Forschungsinteresse, verschiedene Systemperspektiven in der Biologie, Chemie, Geographie und Physik auszudifferenzieren. Dazu wird der Forschungsfrage nachgegangen, welches Systemverständnis sich in den Unterrichtsfächern und Fachdidaktiken der vier Fächer finden lässt (FF1). Im Fokus des Beitrags steht die Frage, welches Systemverständnis in den jeweiligen, fachwissenschaftlichen Bezugswissenschaften vorliegen (FF2). Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die verschiedenen Systemperspektiven in den Fächern auf der Basis verschiedener Datenquellen rekonstruiert. Dazu kommen die Methoden Vergleichende Literaturanalyse, Leitfadengestützte Interviews und qualitative Inhaltanalyse zum Einsatz. Einen Überblick zum methodischen Vorgehen gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über das methodische Vorgehen der Studie

Methode	Fachwissenschaftliche Perspektive	**Fachdidaktische und schulische** Perspektive
Vergleichende Literaturanalyse	Vergleich von Texten aus Fachlexika sowie Fachlehrbüchern	Vergleich von Kompetenzmodellen, curricularen Dokumenten & veröffentlichten Unterrichtskonzepten zum Systemdenken
Leitfadengestützte Interviews	2 Wissenschafter:innen pro Fach	2 Lehrkräfte pro Fach
Qualitative Inhaltsanalyse	Analyse fachlicher Perspektiven, Systematisierung der fachlichen Konzepte	Analyse von (unterrichts-) fachlichen Perspektiven, Fähigkeitsanforderungen an Lernenden
	Kategoriensystem zu Systemperspektiven	

Datenerhebung und Stichprobe

Zur Generierung der Daten in Bezug auf Forschungsfrage 2 wurden mit zehn Expert:innen leitfadengestützte Interviews durchführt. Die Stichprobe setzt sich dabei aus jeweils zwei Wissenschaftler:innen aus den Bereichen Umweltphysik, physische Geographie, Boden- und Wasserchemie sowie molekulare Ökologie und Ökotoxikologie (Biologie) zusammen. Zudem zeichnet sich die Gruppe der Interviewten dadurch aus, dass sie innerhalb eines DFG-Graduiertenkollegs (SystemLink) interdisziplinär zusammenarbeitet. Zur Exploration der fachspezifischen Perspektiven wurden die gewonnenen Daten im Anschluss mittels inhaltlich strukturierender, qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet.

Ergebnisse

Mit Blick auf die fachwissenschaftlichen Systemperspektiven in der Biologie, Chemie, Geographie und Physik zeigt sich in den Interviews mit den Fachwissenschaftler:innen, dass der Systembegriff für alle Themenbereiche als relevant angesehen, jedoch zumeist nur implizit verwendet wird. Die Fachexpert:innen verstehen Systeme als Zusammensetzungen aus mehreren Elementen, die in Abhängigkeiten zueinanderstehen. Die Aufgabe der Fachwissenschaften wird im Aufdecken dieser Zusammenhänge gesehen. Die vier untersuchten Fachperspektiven auf Systeme zeigen jedoch auch Unterschiede: Die interviewten Geograph:innen und Biolog:innen definieren Systemgrenzen auf Basis einer Fragestellung. Zusammenhänge zwischen System und Umgebung werden jedoch nicht fokussiert. Die interviewten Biolog:innen ziehen die Systemgrenzen an anderen Positionen als in den benachbarten Fachwissenschaften.

Die interviewten Physiker:innen definieren Systeme zunächst thermodynamisch. Beim Modellieren von Umweltsystemen müsse diese Definition jedoch erweitert werden. Die Systemgrenzen werden auf Basis einer Fragestellung definiert und stark fokussiert, um Wechselwirkungen mit der Umgebung quantifizieren zu können. Auch die interviewten Chemiker:innen definieren Systeme thermodynamisch. Da diese Definition für Feldstudien und Laborversuche nicht umfassend genug ist bzw. eingeschränkte Relevanz hat, findet die Klassifizierung von Systemen nach thermodynamischen Kriterien in der Praxis nicht statt. Tabelle 2 zeigt exemplarische Ergebnisse aus der qualitativen Datenauswertung.

Tabelle 2: Synopse zu ausgewählten, zentralen Ergebnissen

Kriterium	Physik	Chemie	Biologie	Geographie
Teilsysteme	Hierarchische Teilsysteme; Parallele Teilsysteme	Hierarchische Teilsysteme	Fokus auf Hierarchie; Parallele Teilsysteme	Hierarchische Teilsysteme; Parallele Teilsysteme
Systemgrenze	Natürliche Systeme sind generell grenzenlos. Grenzen werden künstlich durch Forschungsfragen gesetzt.	Natürliche Systeme sind generell grenzenlos. Grenzen werden künstlich durch Forschungsfragen gesetzt.	Natürliche Systeme können natürliche Grenzen aufweisen. Grenzen werden künstlich durch Forschungsfragen gesetzt.	Natürliche Systeme können natürliche Grenzen aufweisen oder grenzenlos sein. Grenzen werden künstlich durch Forschungsfragen gesetzt.
Systemerhaltung	Fokus auf Energieerhaltung	Energieerhaltung und Gleichgewichte	Selbstregulation im Fokus	Selbstregulation und entsprechende Regulatoren
Systementwicklung	Prognosen als Herausforderung; Nicht-Linearität	Nicht-Linearität	Prognosen als Herausforderung; Nicht-Linearität	Historie des Systems; Prognosen als Herausforderung; Nicht-Linearität
Funktion	Betonung des fragilen Charakters von Systemen	Betonung des fragilen Charakters von Systemen	Betonung des fragilen Charakters von Systemen	Die Elemente im System können Funktionen wegfallender Elemente übernehmen.

Ausblick

Ableitend aus der Rekonstruktion der unterschiedlichen Systemperspektiven wird im weiteren Projektverlauf ein Curriculum zum Systemischen Denken für die Oberstufe erstellt. Die dort beschriebenen fachspezifischen Kompetenzen werden in Testaufgaben überführt und empirisch überprüft. Auf Basis der empirischen Erkenntnisse und des Curriculums werden MINT-Lerneinheiten zum Systemdenken konzipiert. Für das entstandene MINT-Bildungskonzept wird der Einfluss der verschiedenen Systemperspektiven auf die Qualität der Aufgabenlösungen sowie auf die Interaktion mit affektiv-motivationale Lernervariablen untersucht.

Literatur

Bertalanffy, L. von. (1950). An outline of general system theory. The British Journal for the Philosophy of Science, 1(2), 134–165.

Brockmüller, S. (2019). Erfassung und Entwicklung von Systemkompetenz - Empirische Befunde zu Kompetenzstruktur und Förderbarkeit durch den Einsatz analoger und digitaler Modelle im Kontext raumwirksamer Mensch-Umwelt-Beziehungen. Dissertation. PH Heidelberg, Heidelberg.

Dörner, D. (2017). Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen (14. Auflage). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Fraune, K. (2014). Modeling system thinking – assessment, structure validation and development. Dissertation. CAU Kiel, Kiel. 28.05.2021.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz Juventa.

Mambrey, S., Timm, J., Landskron, J. J. & Schmiemann, P. (2020). The impact of system specifics on systems thinking. Journal of Research in Science Teaching, 57(10), 1632–1651.

Mehren, R., Rempfler, A., Ulrich-Riedhammer, E.-M., Buchholz, J. & Hartig, J. (2016). Systemkompetenz im Geographieunterricht. ZfdN, 22(1), 147–163.

Rieß, W. & Mischo, C. (2008). Entwicklung und erste Validierung eines Fragebogens zur Erfassung des systemischen Denkens in nachhaltigkeitsrelevanten Kontexten. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (S. 215–232). Wiesbaden: VS

Streiling, S., Hörsch, C. & Rieß, W. (2019). Entwicklung pädagogischer Professionalität zur Förderung systemischen Denkens durch Lehrerfortbildung. In T. Leuders, M. Nückles, S. Mikelskis-Seifert & K. Philipp (Hrsg.), Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften (S. 265–283). Wiesbaden: Springer, Fachmedien Wiesbaden.

York, S., Lavi, R., Dori, Y. J. & Orgill, M. (2019). Applications of Systems Thinking in STEM Education. Journal of Chemical Education, 96(12), 2742–2751.

Brian Hesse[1] [1]Universität zu Köln
Katharina Groß[1]

Chemie vernetzt vermitteln – Diagnose aufgabenbasierter Lernanlässe

Theoretischer Hintergrund

Im IQB-Bildungstrend 2018 wird deutlich, dass sich die Leistungen im Unterrichtsfach Chemie im Vergleich zu 2012 tendenziell verschlechtert haben und die Kompetenzwerte im Bereich Fachwissen nordrhein-westfälischer Schüler:innen signifikant unter dem bundesweiten Mittelwert liegen (Holtmann et al., 2019). Als Herausforderung wird der hierarchische Aufbau des Fachwissens im Chemieunterricht genannt, sodass „Defizite aus früheren Lernphasen ein späteres Lernen nahezu unmöglich machen“ (Rother & Walpuski, 2020). Des Weiteren fehlt Schüler:innen die Sichtbarkeit eines roten Fadens im Lernprozess, was dazu führt, dass „naturwissenschaftlicher Unterricht durch die Schülerinnen und Schüler als eine Abfolge von ‚Fakten‘ wahrgenommen wird, die schlichtweg auswendig gelernt, aber nicht zwangsläufig verstanden werden müssen“ (Bernholt et al., 2020).
Aus lernpsychologischen Erkenntnissen geht hervor, dass vernetzte Wissensstrukturen eine Voraussetzung für die nachhaltige Informationsaufnahme sowie Kompetenzentwicklung darstellen, sodass die bildungspolitische Forderung nach einem Unterricht, der vernetzungsorientiert gestaltet ist, deutlich wird (KMK, 2005; Rother & Walpuski, 2020). Eine mögliche Form der Förderung des vernetzen Lernens von Schüler: innen stellen aufgabenbasierte Lernanlässe dar d. h. Lerngelegenheiten, in denen Aufgaben für die Erarbeitung von Wissensinhalten eingesetzt werden. Als ein aufgabenbasierter Lernanlass wird hier eine Einheit aus den Phasen der Aufgabenentwicklung und -stellung (Instruktionsphase), der Aufgabenwahrnehmung und -bearbeitung durch die Schüler:innen (Konstruktionsphase) und der gemeinsamen Sicherung der Ergebnisse aus der Aufgabenbearbeitung verstanden (vgl. Jatzwauk et al., 2008). Der Einsatz von so verstandenen aufgabenbasierten Lernanlässen bietet grundsätzlich das Potential, fachliche Lernprozesse von Schüler:innen zu initiieren und so zu strukturieren, dass sie zu einem vernetzten Wissenserwerb auf Seiten der Schüler:innen führen (Kleinknecht, 2019; Leuders, 2015). Obwohl der Einsatz aufgabenbasierter Lernanlässe im Schulkontext allgegenwärtig ist, deuten Studien darauf hin, dass Vernetzungsphasen selten im Unterricht stattfinden oder diese einen geringen kognitiven Anspruch aufweisen und nicht zwangsläufig zu einem vernetzten (Chemie-)Lernen der Schüler:innen beitragen (Jatzwauk et al., 2008; Wackermann & Hater, 2016).

Zur Bedeutung eines vernetzten Chemielernens

Aus lerntheoretischen Ansätzen geht hervor, dass ebenjene hierarchisch aufgebaute Wissensstrukturen für das erfolgreiche und nachhaltige Lernen jedoch von hoher Bedeutung sind (vgl. Gagné, 1970; Ausubel, 1974). Der Aufbau einer Wissensstruktur erfolgt durch kognitive Verarbeitungsprozesse der Lernenden, bei denen sie verschiedene Wissenselemente (Begriffe) miteinander verknüpfen oder bestehende Verknüpfungen reorganisieren (Harms & Bünder, 1999). Durch Vernetzung soll eine hierarchische Gesamtstruktur aufgebaut werden, indem bekannte Wissenselemente schrittweise zu Einheiten höherer Ordnung zusammengeführt und mit untergeordneten Begriffen verknüpft sowie beschrieben werden. Dies führt zur Abstraktion des Wissens, wodurch die Komplexität des verarbeiteten Wissens gesteigert wird und damit auch die Behaltensfähigkeit von vernetzten Fachinhalten im Vergleich zum isolierten

Faktenwissen größer ist (Fischer et al., 2007; Wackermann & Hater, 2016). Der Vernetzungsbegriff wird in zwei Arten ausdifferenziert: Horizontale Vernetzung beschreibt die fächerübergreifende Verknüpfung, wohingegen die vertikale Vernetzung die fachimmanente Verknüpfung von Unterrichtsinhalten ausdrückt (Neumann et al., 2008). Im *Modell der vertikalen Vernetzung* (Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008) wird weiter zwischen dem Vernetzungsniveau (Komplexität) und der Vernetzungsaktivität (kognitive Aktivität) unterschieden.
Die Implementation vertikaler Vernetzungsphasen in den Unterricht kann u.a. mittels aufgabenbasierter Lernanlässe erfolgen (Kleinknecht, 2019; Kleinknecht et al., 2014; Leuders, 2015). Auf den Chemieunterricht übertragen bedeutet das, dass Chemielehrende in Abhängigkeit von dem Vorwissen der Schüler:innen Aufgaben (entwickeln und) stellen, die die Schüler:innen zum selbstständigen und systematischen Auseinandersetzen mit chemischen Fachinhalten anregen. Dadurch wird das chemische Fachwissen für die Lernenden zum einen erweitert – Verknüpfung des neuen Wissens mit dem Vorwissen – und zum anderen flexibel nutzbar (Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008; Raguse & Weber-Peukert, 2018).

Diagnose aufgabenbasierter Lernanlässe in der Chemieunterrichtspraxis
Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts ist es, aufgabenbasierte Lernanlässe in der Chemieunterrichtspraxis tiefergehend zu untersuchen, sowohl im Hinblick auf den vernetzungsorientierten Einsatz durch die Lehrenden im Verlauf einer gesamten Unterrichtsreihe (Erkenntnisse zu den Instruktionsphasen) als auch im Hinblick auf die Möglichkeit der Förderung des vernetzten Chemielernens von Schüler:innen (Erkenntnisse zu den Konstruktionsphasen). Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse sollen langfristig konkrete aufgabenbasierte Lernanlässe, die in ihrer Ausgestaltung das Potential zur Förderung eines fachinhaltlich vernetzten Chemielernens bergen, entwickelt, erprobt und evaluiert werden (Abb. 1).

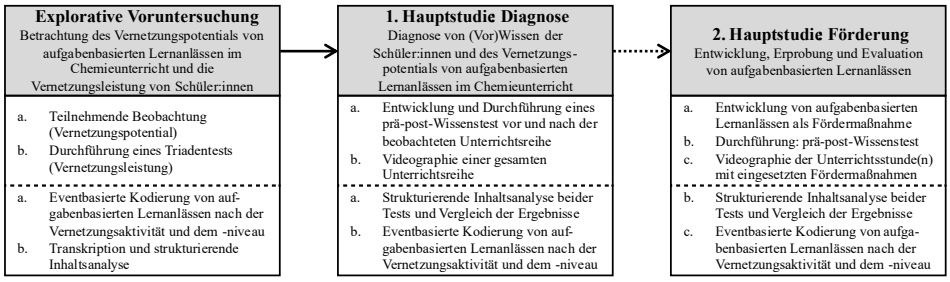


Abb. 1: Ablauf des Forschungsprojektes.

Ergebnisse der explorativen Voruntersuchung
Im Rahmen der durchgeführten explorativen Voruntersuchung wurden aufgabenbasierte Lernanlässe im Chemieunterricht teilnehmend beobachtet, um die Passung dieser Erhebungsmethodik zur Erfassung der Phasen aufgabenbasierter Lernanlässe zu prüfen. Durch die teilnehmende Beobachtung sollen zum einen Einblicke in die konkrete chemieunterrichtliche Praxis gewonnen und zum anderen Erkenntnisse zu einem möglichen methodischen Vorgehen gesammelt werden, die zur Erhebung von fachinhaltlicher Vernetzung innerhalb von Instruktions-, Konstruktions- sowie Sicherungsphasen im Rahmen von aufgabenbasierten Lernanlässen geeignet sind. Insgesamt wurden $N = 27$ aufgabenbasierte Lernanlässe in 10 beobachteten Doppelstunden dreier Chemielehrender der Jahrgangsstufen 8 und 9 erhoben und hinsichtlich des Modells der vertikalen Vernetzung (vgl. Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008) ausgewertet. Es zeigt sich, dass das Abstraktionsniveau der aufgabenbasierten Lernanlässe im

Verlauf der jeweiligen Chemieunterrichtsstunden durch den Einsatz von zunehmend komplexeren, kognitiv aktivierenderen Aufgaben ansteigt (Pfeil in Tab. 1). Damit weisen die beobachteten Lernanlässe ein sukzessiv steigendes Vernetzungspotential auf. Dieses Ergebnis deckt sich nicht mit Ergebnissen anderer Studien (vgl. Jatzwauk et al. 2008, Podschuweit et al. 2016, Wackermann & Hater, 2016), sodass die Eignung der teilnehmenden Beobachtung für dieses Vorhaben überdacht werden muss.

Tab. 1: Kodierung aufgabenbasierter Lernanlässe (N = 27) hinsichtlich ihres Vernetzungsniveaus und ihrer Vernetzungsaktivität – Modell der vertikalen Vernetzung – (vgl. Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008).

Vernetzungsaktivität / **Vernetzungsniveau**	Erinnern	Strukturieren	Elaborieren
Übergeordnetes Konzept	0	1	14
Verbundene Zusammenhänge	0	1	1
Unverbundene Zusammenhänge	0	2	0
Zusammenhang	1	2	1
Mehrere Fakten	3	1	0
Fakt	0	0	0

Im beobachteten Unterrichtsgeschehen wurden die Schüler:innen zudem selten explizit durch die Aufgabenstellung oder im Unterrichtsgespräch auf die Vernetzungs- bzw. Abstraktionsmöglichkeiten der Inhalte hingewiesen (vgl. Wackermann & Hater, 2016). Um deshalb Erkenntnisse zu erhalten, ob Schüler:innen, trotz fehlender expliziter Vernetzung durch die Lehrperson, Inhalte miteinander verknüpfen können, wurde im Rahmen der explorativen Voruntersuchung ein Triadentest (in Anlehnung an Sumfleth, 1987) mit einer der beobachteten Klassen durchgeführt ($n_{\text{Schüler:innen}} = 20$). Die Vernetzungsleistung der Schüler:innen wurde durch Formulierungen von Zusammenhängen zwischen drei vorgegebenen Begriffen (Triade) erhoben. Insgesamt wurden zwei Triaden zum Thema *Wasser und Polarität* durch die Schüler:innen gebildet. Die Schülerantworten wurden hinsichtlich ihrer fachlichen Angemessenheit im Sinne des Begriffsverständnisses und in Bezug auf die angemessene Darstellung des Zusammenhanges der gewählten Begriffe ausgewertet.

Tab. 2: Kodierung der Schüleraussagen des Triadentests.

Kategorien ($N_{\text{Schüler:innen}} = 20$)		1. Triade	2. Triade
Fachlich angemessen	K_1 Richtig	0	3
Fachlich unangemessen	K_{2a} Lücken im Faktenwissen	9	12
	K_{2b} Falsche inhaltliche Vernetzung	8	5
	K_3 Keine Angabe	3	0

Die Ergebnisse des Triadentests (Tab. 2) zeigen, dass überwiegend fachlich unangemessene Zusammenhänge ($K_{2a/b}$) formuliert wurden (T1.17: „Die Dipol-Ionen-Wechselwirkung wirkt sich auf die Polarität aus. Das führt zum Lösen von Salzen“), was daraufhin deutet, dass Schüler:innen ein geringes zusammenhängendes Wissen besitzen. Einen möglichen Grund können Fachwissenslücken darstellen, da die Hälfte der Schüler:innen durch Unterstreichen der vorgegebenen Begriffe angaben, dass diese Begriffe unklar bzw. unbekannt sind oder ein falsches Verständnis bezüglich der Begriffe in den Formulierungen aufweisen (K_{2a}: Lücken im Faktenwissen).

Ausblick

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse soll so das Vorwissen, das als Grundlage für das fachinhaltlich vernetzte Lernen gilt (vgl. Rother & Walpuski, 2020), näher betrachtet werden. Gleichzeitig soll die Datengrundlage zur Erhebung des Vernetzungspotentials von aufgabenbasierten Lernanlässen im Chemieunterricht um eine Videodokumentation einer gesamten Unterrichtsreihe erweitert werden (vgl. Tab. 1). So soll es möglich sein, die fachliche Progression und Vernetzung innerhalb einer Unterrichtsreihe zu erfassen und dabei gleichzeitig die einzelnen Phasen explizit zu dokumentieren.

Literatur

Ausubel, D. P. (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Beltz.

Bernholt, S., Höft, L., & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft*, *48*(1), 35–59. https://doi.org/10.1007/s42010-019-00065-4

Bruder, R., Hefendehl-Hebeker, L., Schmidt-Thieme, B., & Weigand, H.-G. (Hrsg.). (2015). *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Springer.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A., & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 657–678). Springer.

Gagné, R. M. (1970). *Conditions of learning*. Holt, Rinehart & Winston.

Harms, U., & Bünder, W. (1999). *Zuwachs von Kompetenzen erfahrbar machen: Kumulatives Lernen*. https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/26634e9f-e013-4747-bb69-04cb3c03d937/modul5.pdf (Zugriff am 11.10.2023).

Holtmann, M., Becker, B., & Weirich, S. (2019). Mittelwerte und Streuungen der in den naturwissenschaftlichen Fächern erreichten Kompetenzen. In P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, S. Weirich, S. Henschel, & R. A. Lorz (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich* (S. 213–236). Waxmann.

Jatzwauk, P., Rumann, S., & Sandmann, A. (2008). Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *14*, 263–282.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2007). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Springer.

Kleinknecht, M. (2019). Aufgaben und Aufgabenkultur. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, *12*(1), 1–14.

Kleinknecht, M., Bohl, T., Maier, U., & Metz, K. (2014). Aufgaben und Aufgabenkulturen. *Unterricht Chemie*, *142*, 10–13.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. Luchterhand.

Lankes, E.-M. (Hrsg.) (2008). *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*. Waxmann.

Leuders, T. (2015). Aufgaben in Forschung und Praxis. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 435–460). Springer.

Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*, (S. 141–151). Waxmann.

Raguse, K., & Weber-Peukert, G. (2018). Lernaufgaben. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer, *Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 414–426). Aulis.

Roß, J. (Hrsg.). (2020). SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung. Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern. wbv Media GmbH & Co. KG.

Rother, A., & Walpuski, M. (2020). Vernetztes Lernen im Chemieunterricht. In J. Roß (Hrsg.), *SINUS. NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung; Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern* (S. 83–100). wbv Media GmbH & Co. KG.

Sommer, K., Wambach-Laicher, J., & Pfeifer, P. (Hrsg.). (2018). *Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht*. Aulis.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., Henschel, S., & Lorz, R. A. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Waxmann.

Sumfleth, E. (1987). Über den Zusammenhang zwischen Schulleistung und Gedächtnisstruktur. Eine Untersuchung zu Säure-Base-Theorien. *Naturwissenschaften im Unterricht–Physik/Chemie*, *21*, 29–35.

Wackermann, R., & Hater, J. (2016). Der Einfluss der Stundenlänge (45 vs. 60 Minuten) auf ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im Physikunterricht am Gymnasium. *Perspectives in Science*, *10*, 1–12.

Benjamin Groß[1]
Jan-Philipp Burde[1]
Augustin Kelava[1]
Judith Glaesser[1]
Lana Ivanjek[2]
Salome Flegr[3]

[1]Universität Tübingen
[2]Universität Linz
[3]LMU München

Pilotierung eines dreistufigen Testinstruments zur Elektrizitätslehre

Im Kontext einfacher Gleichstromkreise zeigen selbst Studierende oftmals noch grundlegende konzeptionelle Verständnisschwierigkeiten (z. B. McDermott & Shaffer, 1992; Burde, 2022). Insbesondere für Lehramtsstudierende der Physik stellt dies ein Problem dar, da Fachwissen und fachdidaktisches Wissen als zentrale Facetten der professionellen Handlungskompetenz eng miteinander verknüpft sind (Riese & Reinhold, 2010) und somit der Aufbau eines fundierten fachdidaktischen Handlungsrepertoires durch mangelndes konzeptionelles Verständnis erschwert wird. Um das konzeptionelle Verständnis Studierender bezüglich der zentralen Konzepte im Kontext elektrischer Gleichstromkreise reliabel erfassen zu können, wurde ein neues dreistufiges Multiple-Choice-Testinstrument entwickelt und pilotiert.

Hintergrund und Zielsetzung

Die Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf elektrische Stromkreise sind häufig auf eine Reihe wohldefinierter Präkonzepte zurückzuführen. Im Schulkontext werden diese auch als Schülervorstellungen bezeichnet und sind z. B. in Schecker & Wilhelm (2018) ausführlich dokumentiert. Da sich die weiteren Ausführungen jedoch auf Studierende beziehen, wird im Folgenden der neutralere Begriff „Lernendenvorstellungen“ verwendet. Bezüglich des Konzepts „elektrischer Strom“ sind dies insbesondere die Stromverbrauchsvorstellung, die zum Teil als Folge einer unzureichenden Trennung zwischen Strom- und Energiebegriff seitens der Lernenden angesehen wird. Weit verbreitet ist auch die Vorstellung, eine Batterie sei unabhängig von den im Stromkreis verwendeten Widerständen die Quelle eines konstanten Stroms. Darüber hinaus können viele Lernende die Begriffe „elektrische Spannung“ und „elektrischer Strom“ nicht konzeptionell unterscheiden, oftmals wird die Spannung als Eigenschaft des Stroms angesehen. Schwierigkeiten bereitet auch der Systemcharakter elektrischer Stromkreise – vielfach wird eine lokale oder sequentielle Argumentationsweise bemüht, bei welchen der Strom der Reihe nach durch die einzelnen Schaltungselemente verfolgt wird. Hinweise auf das Vorliegen der genannten Vorstellungen auch bei Studierenden konnten einerseits in den bereits genannten Studien und andererseits auf Basis vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden, gefunden werden.

Lernendenvorstellungen in der Elektrizitätslehre werden seit den 1980er-Jahren intensiv erforscht und entsprechende Testinstrumente zu deren empirischer Erhebung entwickelt (z. B. Rhöneck, 1986). Das erste umfassend validierte Testinstrument stellt jedoch das von Engelhardt & Beichner (2004) dar. Es richtet sich an die Zielgruppe der Studierenden und umfasst viele Konzepte bezüglich einfacher Gleichstromkreise, aufgrund der Einstufigkeit der Items ist jedoch eine reliable Identifikation von Lernendenvorstellungen schwierig. Nach

Urban-Woldron & Hopf (2012) erlauben zweistufige Items, die neben der Antwort auch eine Begründung von den Befragten verlangen hingegen grundsätzlich die reliable Erfassung gängiger Lernendenvorstellungen. Diese kommen auch im Testinstrument von Ivanjek et al. (2021) zum Einsatz. Die beiden letztgenannten Testinstrumente richten sich dabei jedoch primär an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I – entsprechend adressieren sie nicht die komplette Bandbreite der physikalischen Konzepte bezüglich elektrischer Gleichstromkreise und der zugehörigen Vorstellungen bzw. sind auf einzelne Konzepte fokussiert. Überblickend lässt sich feststellen, dass es noch kein nach allgemeinen psychometrischen Gütekriterien validiertes Testinstrument zu einfachen Stromkreisen gibt, welches das Konzeptverständnis Studierender sowie die zugehörigen problematischen Vorstellungen reliabel diagnostizieren kann und eine gute Passung zwischen Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit aufweist. Mit dem in der Entwicklung befindlichen Testinstrument soll diese Lücke geschlossen werden.

Von grundlegender Bedeutung und auch ein Aspekt der Validität ist weiterhin die Frage, ob eine ggf. durch ein Antwortmuster implizierte Lernendenvorstellung von den Befragten in der Testsituation spontan und sehr kontextabhängig, etwa auf Basis sogenannter p-prims („phenomenological primitives"), generiert wird („Knowledge in Pieces", vgl. di Sessa, 1993) oder auf fest verwurzelte kognitive Strukturen im Sinne einer Art Rahmentheorie („Knowledge as Theory", vgl. Vosniadou & Skopeliti, 2013) zurückgeht. Nur im letzteren Fall kann im eigentlichen Sinne von einer (stabilen) Lernendenvorstellung gesprochen werden. Hasan et al. (1999) nehmen an, dass die selbst wahrgenommene Sicherheit, mit der die Befragten ein Item beantworten, in engem Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer ggf. durch die Antwort implizierten Vorstellung steht. Jedoch scheint dies nicht allgemein zu gelten, da z. B. bei Hull & Hopf (2022) in einer Studie mit dreistufigen Items trotz hoher angegebener Sicherheit inhaltlich sehr ähnliche Items inkonsistent beantwortet wurden.

Testentwicklung und Pilotierungsstudie

Im Testentwicklungsprozess wurden zunächst ausgehend vom zu Grunde liegenden Konstrukt „Einfacher Stromkreis" die relevanten Konzepte identifiziert und hierzu jeweils diejenigen Lernendenvorstellungen festgelegt, die unter Studierenden als stark verbreitet anzunehmen sind (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die erfassten Lernendenvorstellungen

Konstrukt	Konzept	Lernendenvorstellung	Abk.
einfacher Stromkreis	Strom	Stromverbrauch	SV
		Batterie als Konstantstromquelle	BKS
	Spannung	Vermischung von Spannungs- und Stromkonzept	UI
		Potential als absolute Messgröße	UP
	Stromkreis als System	Sequentielle Argumentation	SEQ
		Lokales Denken	LOK
	Widerstand	Parallelschaltung = Reihenschaltung	EW
	Energie	Strom = Energie	EN

Dies geschah zum einen mit Hilfe der umfangreichen Literatur und zum anderen mit Hilfe bereits vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des zweistufigen Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden. Die Items

bestehender und frei verfügbarer Testinstrumente wurden gesichtet und auf ihre Eignung geprüft, um sie ggf. in adaptierter Form im zu entwickelnden Testinstrument nutzen zu können. Je nach Notwendigkeit wurden neue Items entwickelt, etwa um neue Lernendenvorstellungen zu operationalisieren oder im Hinblick auf die Zielgruppe ein passendes und möglichst breites Spektrum an Aufgabenschwierigkeiten abzudecken. Der Fragebogen in seiner vorläufigen Form enthielt zu jeder Lernendenvorstellung vier inhaltlich vergleichbare dreistufige Items, zum einen um die Sicherheit sowie die Konsistenz des Antwortverhaltens der Befragten zu erfassen (vgl. vorheriger Abschnitt) und zum anderen um eine Reduktion der Testlänge nach der Pilotierung zu ermöglichen. Die Items wurden in ein Online-Format überführt und mit $N = 95$ Studierenden an sechs Standorten vor Beginn der universitären Lehrveranstaltungen zur Elektrizitätslehre pilotiert. Die dreistufigen Items wurden den Probanden in teilrandomisierter Reihenfolge vorgelegt, wobei die einzelnen Stufen (Frage – Sicherheit – Begründung) nacheinander eingeblendet wurden. Die jeweils gegebene Antwort konnte nach Bestätigung nicht mehr geändert werden. Auf der Stufe der Begründung wurde den Teilnehmenden zusätzlich zu den drei bis fünf Antwortvorschlägen auch die Möglichkeit einer offenen Antwort gegeben, um die Verständlichkeit und Eignung der Distraktoren zu prüfen.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Pilotierungsergebnisse wurden zunächst deskriptivstatistisch ausgewertet. Ohne Beachtung der Richtigkeit der Begründung wurden von den 32 Items im Mittel 15,77 (SD = 9,24) richtig beantwortet, bei zweistufiger Auswertung nur 11,20 (SD = 8,94). Dies deutet auf eine insgesamt hohe Schwierigkeit des Tests hin. Auf Basis der Trennschärfe, Cronbachs Alpha, der Häufigkeit, mit der die intendierten Vorstellungen vertreten wurden sowie inhaltlicher Kriterien wurde eine Reduktion der Item-Anzahl von vier auf drei pro Gruppe vorgenommen. In Tabelle 2 sind für jede dieser Item-Gruppe bezüglich der Lernendenvorstellungen die Werte von Cronbachs Alpha dargestellt. Die obere Zeile bezieht sich dabei auf die ursprünglichen vier Items und die untere Zeile auf die drei Items in der reduzierten Testversion. Die Werte liegen überwiegend im akzeptablen bis sehr guten Bereich. Der reduzierte Gesamttest (24 Items) weist bezüglich der richtigen Antworten einen Wert von $\alpha = .94$ auf. Dieser hohe Wert ist zum Teil durch die konstruktionsbedingt hohe Vergleichbarkeit der Items zu erklären, spricht aber auch für eine gute interne Konsistenz des Testinstruments.

Tabelle 2: Cronbachs Alpha für die Item-Gruppen der Lernendenvorstellungen

Lernendenvorstellung		SV	BKS	UI	UP	SEQ	LOK	EW	EN
Cronbachs Alpha	4 Items	.78	.62	.54	.44	.88	.67	.63	.52
	3 Items	.79	.64	.54	.56	.83	.61	.64	.52

Zudem wurde auf Basis der erhobenen Daten eine Analyse der gewählten Antwortkombinationen durchgeführt, wodurch einzelne Items mit Überarbeitungsbedarf identifiziert werden konnten. Zusammen mit der bereits erfolgten Kategorisierung der offenen Begründungen liegt so eine gute Datenbasis zur Überarbeitung der verbliebenen Items vor.

Nach den noch ausstehenden finalen Validierungsschritten, insbesondere einer Expertenbefragung zu den Items, soll das reduzierte und überarbeitete Testinstrument schließlich veröffentlicht werden. Als nächstes sind weitere Analysen zur Konsistenz des Antwortverhaltens und der von den Teilnehmenden angegebenen Sicherheit geplant.

Literatur

Burde, J.-P. et al. (2022). Schülervorstellungen in Schule und Studium – ein Vergleich. In Habig, S. (Hrsg.) (2022) Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online-Jahrestagung 2021, 42, 372-375

di Sessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. Cognition and Instruction, 10(2–3), 105–225

Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004). Students' Understanding of Direct Current Resistive Electrical Circuits. American Journal of Physics, 72(1), 98-115

Hasan, S., Bagayoko, D. & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). Phys. Educ., 34(5), 294

Hull, M. M., Jansky, A. & Hopf, M. (2022). Does confidence in a wrong answer imply a misconception?. Physical Review Physics Education Research, 18(2).

Ivanjek, L. et al. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. Physical Review Physics Education Research, 17(2), 1-15

McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. American Journal of Physics, 60 (11), 994–1013

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. Naturwissenschaften im Unterricht-Physik, 34(13), 108-112

Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16(1), 167-187

Schecker, H. & Wilhelm, T (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018) Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis, 115-138. Berlin: Springer-Spektrum.

Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 201-227

Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2013). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. Science & Education, 23(7), 1427–1445

Leonie Jasper[1]
Insa Melle[1]

[1]Technische Universität Dortmund

ChemApro – Ein Tool zum Unterstützen von Lernenden im Chemieunterricht

Das selbstregulierte Lernen (SRL) ist von entscheidender Bedeutung für den Bildungserfolg und die Befähigung zum lebenslangen Lernen (Deing, 2019). Angesichts dieser Erkenntnis überrascht es kaum, dass die Kultusministerkonferenz (2016) die Förderung des selbstregulierten Lernens als Aufgabe und zugleich als zentrales Ziel von Schule formuliert.

Verschiedene Definitionen von SRL betonen seinen strategischen und zielorientierten Charakter (u. a. Deing, 2019; Götz & Nett, 2017). SRL wird demnach als aktiver Prozess des Wissenserwerbs verstanden, bei dem die Lernenden eigenständig darüber entscheiden, ob, was, wie und warum sie lernen (Deing, 2019). Somit gilt Selbstregulation als die Fähigkeit, die eigenen Handlungen, Emotionen und Gedanken unter Einsatz verschiedener Strategien zu steuern, zu überwachen und zu bewerten, was eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Zielerreichung im Lernprozess darstellt (Götz & Nett, 2017). Allerdings haben Studien gezeigt, dass Lernende oft Schwierigkeiten haben, ihre Lernprozesse zu regulieren, auf geeignete Strategien zurückzugreifen und diese anzuwenden (z. B. Ohtani & Hisasaka, 2018). Somit können geeignete Unterstützungsmaßnahmen hilfreich sein.

Theoretischer Hintergrund

Metakognition als zentraler Bestandteil von SRL
Ein zentraler Aspekt des SRL umfasst den Einsatz von (Lern-)Strategien. Diese Strategien lassen sich unterschiedlichen Kategorien zuordnen. Kognitive Strategien dienen beispielsweise der unmittelbaren Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung (Klingsieck, 2018). Im Gegensatz dazu trägt die Anwendung metakognitiver Strategien dazu bei, Handlungs- bzw. Lernprozesse selbstständig zu planen, zu überwachen und zu bewerten. Sie fungieren dabei als übergeordnete Strategien, die die Steuerung und Kontrolle der kognitiven Strategien ermöglichen und so den Lernenden helfen, ihre Lernaktivitäten effektiv zu gestalten (Götz & Nett, 2017). Studien haben gezeigt, dass die Nutzung metakognitiver Strategien das Lernen unterstützt und verbessert (u. a. Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020; Winne & Azevedo, 2014). Eine Förderung wird besonders in Situationen relevant, in denen Lernende Schwierigkeiten haben, ihre Lernaktivitäten zu regulieren, wie beispielsweise beim Lösen von Problemen (Graulich, Langner, Vo & Yuriev, 2021; Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020).

Exekutive Funktionen und ihre Rolle beim SRL
Exekutive Funktionen spielen eine wichtige Rolle beim SRL, denn sie gelten als Voraussetzung für eine "gute Selbstregulation" (Brunsting, 2011). Unter exekutiven Funktionen wird eine Reihe kognitiver Fähigkeiten höherer Ordnung verstanden, auf die in neuen, komplexen oder schwierigen Situationen zurückgegriffen wird, in denen ein Abweichen von Handlungsroutinen erforderlich ist (Diamond, 2013; Diamond & Ling, 2016). Die exekutiven Funktionen lassen sich auf drei voneinander unabhängige Basisfunktionen zurückführen (Miyake, Friedmann, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000). Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht die Speicherung und den Zugriff auf relevante Informationen, während die Inhibition dazu dient, Ablenkungen zu minimieren, die der Zielerreichung entgegenstehen. Als dritte Basisfunktion

gilt die kognitive Flexibilität, die es Lernenden ermöglicht, sich an verschiedene Herausforderungen anzupassen und flexibel zu reagieren. Lernende haben jedoch häufig Schwierigkeiten bei exekutiven Funktionen, wodurch ihr selbstreguliertes Lernen beeinträchtigt wird (z. B. Vasquez & Marino, 2021).

Problemlösen im Chemieunterricht
Entscheidend für ein erfolgreiches Problemlösen ist die Nutzung metakognitiver Strategien, da sie alle relevanten kognitiven Prozesse regulieren und steuern (Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020). Gleichzeitig sind gute exekutive Funktionen unerlässlich für erfolgreiches Problemlösen (z. B. Diamond, 2013; Zelazo, Blair & Willoughby, 2017). Insbesondere im Kontext des Chemieunterrichts bieten sich geeignete Anknüpfungspunkte zur Förderung des SRL durch Problemlösen. Das selbstständige Lösen von Problemen ist essentieller Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie bei der Bearbeitung von anspruchsvollen Aufgaben oder beim Experimentieren im Sinne der Erkenntnisgewinnung (z. B. KMK, 2005).

Ziel des Forschungsprojekt

Vor diesem Hintergrund dieser Erkenntnisse verfolgt das hier beschriebene Projekt das Ziel, ein inhaltsunabhängiges Instrument zu entwickeln und zu evaluieren, das als Additum im Fachunterricht eingesetzt werden kann, um die Schüler:innen in ihrem selbstregulierten Vorgehen im Problemlöseprozess zu unterstützen.

Das Tool ChemApro

Das inhaltsunabhängige Tool ChemApro (***Chem****istry* ***Appro****ach*) wurde als webbasiertes Scaffold mit *drop-down*-Bedienung entwickelt, um Lernenden dabei zu helfen, Strategien im Problemlöseprozess effektiv zu nutzen. Die Struktur dieses Instruments entspricht dabei einer Zweiteilung.

Unter dem „WAS muss ich tun?“ werden die Schritte beschrieben, die die Lernenden selbstreguliert im Problemlöseprozess durchlaufen. Um dieses Tool vielseitig im Chemieunterricht nutzbar zu machen, wurde eine allgemein-psychologische Problemlösestrategie eingesetzt (Brunsting, 2011). Zu den Phasen der ausgewählten Problemlösestrategie zählen die Problemidentifikation, die Ziel- und Situationsanalyse, die Planerstellung und -ausführung, die Ergebnis- und Prozessbewertung (Betsch, Funke & Plessner, 2011) und schließlich die Reflexion des Inhalts. Im Sinne eines *Scaffolding* wird hier Defiziten bei exekutiven Funktionen mit Hilfe einer Planungsvorlage begegnet. So kann die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die zur Erfüllung der Aufgabe erforderlichen Schritte gelenkt werden (u. a. Vostal & Mrachka, 2021).

Im zweiten Teil, unter der Überschrift "WIE kann ich es tun?", können Lernende Leitfragen und Handlungshinweise im Sinne eines SRL selbstständig abrufen. Auf diese Weise erhalten sie Informationen darüber, wie einzelne Schritte im Problemlöseprozess adäquat umgesetzt werden können. Die Konzeption basiert auf der Methode des *Prompting*. Unter Prompts werden kurze Hinweise verstanden, die als Abruf- bzw. Ausführungshilfe von Strategien dienen. Diese können z. B. allgemeine Fragen oder explizite Handlungshinweise beinhalten (Herold-Blasius, Rott & Leuders, 2017). Bei der Entwicklung von ChemApro wurden diese beiden Formen miteinander kombiniert und im Sinne eines *Feed Forward* eingesetzt, um so gezielt

kognitive und metakognitive Aktivitäten der Lernenden im Problemlöseprozess anzuregen (Bannert, 2009).

Forschungsziel

Das Interesse der Studie besteht darin, u. a. die Auswirkungen des Instruments auf die wahrgenommene Selbstregulation der Schüler:innen in den Sekundarstufen I und II zu untersuchen. Hierbei werden Daten mit Hilfe eines Fragebogens (übersetzt und adaptiert nach Cooper & Sandi-Urena, 2009) zu verschiedenen Zeitpunkten (pre, post, follow up) erfasst, um mögliche Veränderungen zu analysieren. Darüber hinaus wird die Nutzung des Instruments im Problemlöseprozess z. B. anhand von Logfile-Daten untersucht. Zusätzlich werden Einschätzungen der Lernenden zur Attraktivität und *Usability* des Instruments sowie weitere Faktoren wie kognitive Fähigkeiten und Geschlecht erfasst und in die Auswertung einbezogen.

Ausgewählte Ergebnisse der Pilotierungsstudie

Um u. a. einen ersten Eindruck bezüglich der Lernendeneinschätzungen hinsichtlich des entwickelten Instruments zu erhalten, wurde dieses im Rahmen einer Pilotierungsstudie mit N = 38 Schüler:innen schulform- und inhaltsübergreifend (zwei Gymnasien, EF, n_1 = 18 und eine Gesamtschule, 9. Klasse, E-Kurs, n_2 = 20) im Chemieunterricht eingesetzt. Dabei wurden die Lernenden aufgefordert, die Fachinhalte einer durch die Lehrkraft durchgeführten problemorientierten Unterrichtsstunde unter Verwendung von ChemApro selbstständig zu erarbeiten. Mit Hilfe von Fragebögen wurden Lernendeneinschätzungen hinsichtlich der Attraktivität (10 Items, Likert-Skala (1 = niedrig, 6 = hoch), α = .814; adaptiert nach Tepner, Roeder & Melle, 2009; Greitemann, 2022) sowie der *Usability* (10 Items, Likert-Skala (1 = niedrig, 5 = hoch), α = .798; übersetzt und adaptiert nach Brooke, 1996; Greitemann, 2022) von ChemApro erhoben. Obwohl die Schüler:innen sowohl die Attraktivität ($M_{Insgesamt}$ = 4.01 mit SD = .794) als auch die *Usability* ($M_{Insgesamt}$ = 3.52 mit SD = .679) des Tools tendenziell hoch einschätzen, erscheint der Umgang mit dem Tool zu Beginn relativ komplex. Aus diesem Grund wurden mit Blick auf die Hauptstudie Erklärvideos mit zwei Beispielen zur Anwendung von ChemApro sowie eine Übungseinheit entwickelt.

Literatur

Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23 (2), 139-145

Betsch, T., Funke, J. & Plessner, H. (2011). Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen. Berlin, Heidelberg: Springer

Brooke, J. (1996). SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & I. l. McElland (Hrsg.), Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis, 189-194

Brunsting, M. (2011). Lernschwierigkeiten – Wie exekutive Funktionen helfen können: Grundlagen und Praxis für Pädagogik und Heilpädagogik (2. Aufl.). Bern: Haupt Verlag

Cooper, M. M. & Sandi-Urena, S. (2009). Design and Validation of an Instrument To Asses Metacognitive Skillfulness in Chemistry Problem Solving. Journal of Chemistry Education, 86 (2), 240-245

Deing, P. (2019). Selbstreguliertes Lernen. Theoretische Grundlagen und Förderempfehlungen. In S. Rietmann & P. Deing (Hrsg.), Psychologie der Selbststeuerung. Wiesbaden: Springer, 319-346

Diamond, A. (2013). Executive Functions. Annual Review of Psychology, 64, 135-168

Diamond, A. & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. Developmental Cognitive Neuroscience, 18, 34-48

Götz, T. & Nett, U. E. (2017). Selbstreguliertes Lernen. In T. Götz (Hrsg.), Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen (2. aktual. Aufl.). Paderborn: Ferdinand Schöningh, 144-185

Graulich, N., Langner, A., Vo, K. & Yuriev, E. (2021). Scaffolding Metacognition and Resource Activation During Problem Solving: A Continuum Perspective. In G. Tsaparlis (Hrsg.), Problems and Problem Solving in Chemistry Education: Analysis Data, Looking for Patterns and Making Deductions (Bd. 7), United Kingdom: The Royal Society of Chemistry, 38-67

Greitemann (2022). Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 347

Herold-Blasius, R., Rott, B. & Leuders, T. (2017). Problemlösen lernen mit Strategieschlüsseln. Zum Einfluss von flexiblen heuristischen Prompts bei Problemlöseprozessen von Dritt- und Viertklässlern. Mathematica didactica, 40, 1-23

Klingsieck, K. N. (2018). Kurz und knapp – die Kurzskala des Fragebogens „Lernstrategien im Studium" (LIST). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 32 (4), 249-259.

KMK (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand

KMK (Hrsg.) (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Online verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf. Letzter Zugriff am 31.10.2023.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex „Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. Cognitive Psychology, 41 (1), 49-100

Ohtani, K. & Hisasaka, T. (2018). Beyond intelligence: a meta-analytic review of the relationship among metacognition, intelligence, and academic performance. Metacognition Learning, 18, 179-212

Tepner, M., Roeder, B. & Melle, I. (2009). Effektivität des Gruppenpuzzles im Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 7–29

Vasquez, E. & Marino, M. T. (2021). Enhancing Executive Function While Addressing Learner Variability in Inclusive Classrooms. Intervention in School and Clinic, 56 (3), 179-185

Vostal, B. R. & Mrachka, A. A. (2021). Using the „Universal Design Für Learning" Framework to Plan For All Students in the Classroom: Encouraging Executive Functions. The Elementary STEM Journal, 32-36

Zelazo, P. D., Blair, C. B. & Willoughby, M. T. (2017). Executive Function: Implications for Education. Washington, DC: National Center for Education Research (NCER 2017-2000)

Zumbach, J., Ortler, C., Deibl, I. & Moser, S. (2020). Using Prompts to Scaffold Metacognition in Case-Based Problem Solving within the Domain of Attribution Theory. Journal of Problem Based Learning, 7 (1), 21-31

Christian Nosko[1,2]
Susanne Jaklin-Farcher[1,3]
Katrin Reiter[1,3]
Anja Lembens[1]

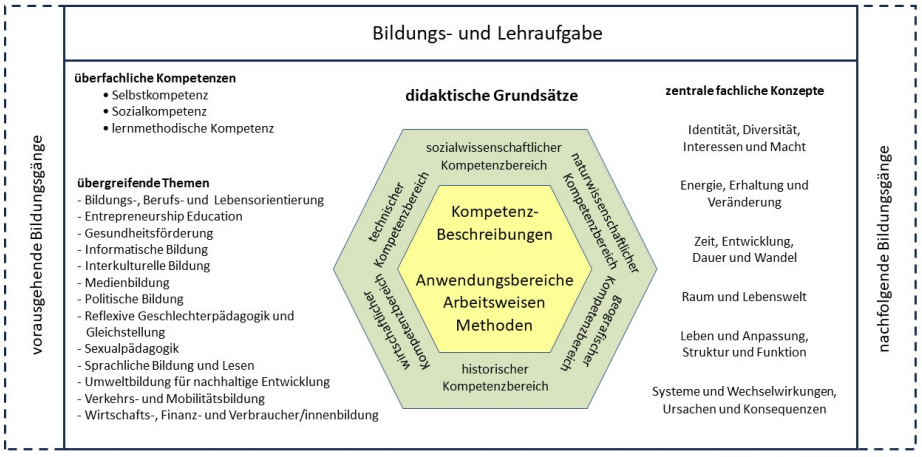
[1]Universität Wien
[2]Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems
[3]Pädagogische Hochschule Wien

„Saures und Basisches im Alltag“ – Materialien für den Sachunterricht in der Primarstufe

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Saures und Basisches in der Primarstufe“ (SuBiP) wurde 2018 vom Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien, in Kooperation mit der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien/Krems und der Pädagogischen Hochschule Wien ins Leben gerufen. lm Mittelpunkt steht dabei die Fragestellung, welche Methoden und Kontexte geeignet sind, um ein anschlussfähiges, kontextuelles und konzeptuelles Verstehen im Themenfeld „Saures und Basisches“ anzubahnen. Dieser Artikel schließt an die Publikation von Nosko et al. 2022 an und setzt sich damit auseinander, wie das Professionswissen von Sachunterrichtslehrer:innen in diesem Themenfeld weiterentwickelt werden und eine Unterstützung zur Unterrichtsgestaltung gelingen kann.

„Saures und Basisches“ im Sachunterricht der Primarstufe?

In Österreich tritt mit dem Schuljahr 2023/24 ein neuer Lehrplan (BMBWF, 2023a) für die Primarstufe in Kraft. Wesentliche Elemente des neuen Lehrplans für den Sachunterricht sind in der folgenden Grafik (BMBWF, 2023b) veranschaulicht:



Verändert nach BMBWF, 2023, S. 3

Abb. 1: Wesentliche Elemente des neuen Lehrplans für den Sachunterricht in Österreich

Wie auch im auslaufenden Lehrplan von 2012 sind „saure und basische Lösungen“ nach wie vor nicht explizit genannt, jedoch sind chemische Bezüge an mehreren Stellen gegeben, wie beispielsweise:

- Gesundheitsförderung; Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung (Übergreifende Themen)
- Systeme und Wechselwirkungen, Ursachen und Konsequenzen; Energie, Erhaltung und Veränderung (Zentrale fachliche Konzepte)
- Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (Didaktische Grundsätze)
- Stoffe und Veränderungen (Anwendungsbereich 3. Schulstufe)

Um Schüler:innen ein tieferes Verstehen der naturwissenschaftlichen Konzepte zu ermöglichen, muss bereits in der Primarstufe angesetzt werden, indem Schüler:innen anhand geeigneter Lerngelegenheiten naturwissenschaftliche Praktiken (fragen, planen, untersuchen, interpretieren) kennenlernen (Lembens et al., 2021). Das Thema „Saures und Basisches in unserem Alltag" bietet sich hierfür aus mehreren Gründen an. Eine Analyse von Sachunterrichtsschulbüchern (Nosko et al., 2018) hat gezeigt, dass das Thema in den Büchern grundsätzlich vertreten ist, allerdings ohne systematischen Zusammenhang oder Einbettung in lernförderliche Kontexte.

Eine fachdidaktische Landkarte zum Themenfeld „Saures und Basisches im Alltag"

Die Erkenntnisse aus der Analyse der Schulbücher wurden reflektiert, durch fachliche und fachdidaktische Überlegungen angereichert, und als Grundlage für die Erstellung einer fachdidaktischen Landkarte (Abbildung 2) genutzt. Dabei wurden für den Sachunterricht 23 relevante Aspekte zum Themenfeld „Saures und Basisches im Alltag" ausgearbeitet und zueinander in Beziehung gesetzt. Diese relevanten Aspekte wurden in einer möglichst adressatengerechten einfachen und klaren Sprache verfasst und können als „Take-home-messages" für Schüler:innen aufgefasst werden. Innerhalb der 23 relevanten Aspekte wurden vier Big Ideas (Loughran et al., 2006; Mitchell et al., 2016; Deehan & MacDonald, 2023) identifiziert: Diese sind fachlich angemessene, wesentliche Elemente des Themenfeldes, welche die Lernenden erfasst haben sollten, um zu einem grundlegenden Verstehen gelangen zu können. Aus den Big Ideas leiten sich die Related Ideas ab (Roseman et al., 2010; Lembens et al., 2019). Sie stehen mit den vier Big Ideas in Zusammenhang und führen diese weiter bzw. vertiefen sie.

In der fachdidaktischen Landkarte wurden, ausgehend vom thematischen Kern ‚Es gibt saure, basische und neutrale Lösungen', Abhängigkeiten und Querverbindungen zwischen den Ideas durch Pfeile verdeutlicht. Die Pfeile signalisieren zudem mögliche Schritte für die Erarbeitung im Unterricht. Rund um die vier Big Ideas finden sich vier farblich unterlegte Inhaltsbereiche, die den jeweiligen Anwendungskontext umreißen:

- Kohlenstoffdioxidgas
- Nahrungsmittel
- Reinigungsmittel
- saure und basische Lösungen erkennen

Die fachdidaktische Landkarte kann als Grundlage für eine strukturierte Auseinandersetzung im Sachunterricht herangezogen werden. Sie verdeutlicht anschaulich die Komplexität des Themas sowie die Anschlussfähigkeit an den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I. Darüber hinaus wird in der fachdidaktischen Landkarte die Vielperspektivität im Sachunterricht deutlich, da unterschiedliche Aspekte der Thematik aufgegriffen werden, bei deren Bearbeitung im Unterricht eine Verknüpfung der Kompetenzbereiche ermöglicht

wird. Damit wird auch deutlich, welche fachlichen und fachdidaktischen Grundlagen auf Seiten der Sachunterrichtslehrer:innen notwendig sind.

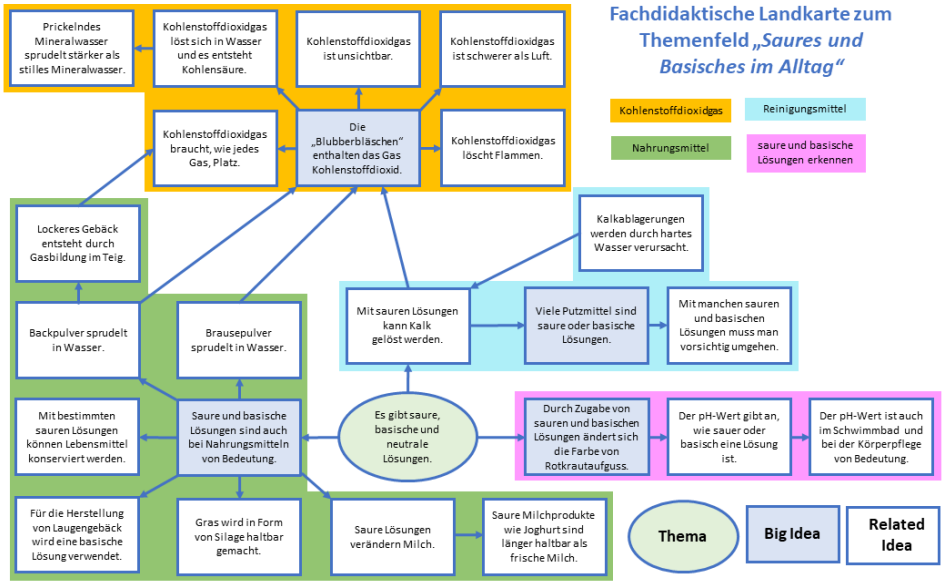


Abb. 2: Fachdidaktische Landkarte zum Themenfeld „Saures und Basisches im Alltag“ für den Sachunterricht in der Primarstufe

Das Materialpaket Leo

Auf Basis der fachdidaktischen Landkarte erfolgte die Entwicklung, Erprobung und Weiterentwicklung des Materialpakets „Leo: Saures und Basisches in unserem Alltag“, das aus einem Geschichtenband (Nosko et al., 2020) und Begleitmaterial für Lehrer:innen (Jaklin-Farcher et al., 2023) besteht. Damit sollen Sachunterrichtslehrer:innen bei der Erweiterung ihres Professionswissens unterstützt werden, damit „sie einen fachlich angemessenen, kognitiv aktivierenden und lernförderlichen Unterricht in diesem Kontext planen, durchführen und reflektieren können. Den Schüler:innen wird dadurch die Entwicklung einer anschlussfähigen Grundlage für den Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“ (Lembens et al., in Druck). Weitere Informationen zum Projekt, Leseproben aus dem Geschichtenband und das zugehörige Begleitmaterial für Lehrer:innen sind unter https://aeccc.univie.ac.at/lehrerinnen/unterrichtsmaterialien/leo-primarstufe/ abrufbar.

Zusammenfassung

Die im Projekt SuBiP entwickelte fachdidaktische Landkarte zum Themenfeld „Saures und Basisches im Alltag“ für den Sachunterricht in der Primarstufe mit ihren vier Big Ideas, den 19 Related Ideas und den zugehörigen Inhaltsbereichen verdeutlicht die Komplexität des Themas im naturwissenschaftlich Sachunterricht der Primarstufe. Sie dient als Basis für die Entwicklung, Erprobung und Weiterentwicklung des Materialpakets „Leo: Saures und Basisches in unserem Alltag“.

Literatur

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2023a). Lehrplan Sachunterricht (Volksschule). https://www.paedagogikpaket.at/component/edocman/242-lehrplan-2/download.html?Itemid=0

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2023b). Kommentar zum Fachlehrplan Sachunterricht (Volksschule). https://www.paedagogikpaket.at/component/edocman/449-kommentar-zum-lehrplan-2/download.html?Itemid=0

Deehan, J. & MacDonald, A. (2023). "What's the Big Idea?": A qualitative analysis of the big ideas of primary science teachers. International Journal of Educational Research, 119, 2023, 102189

Jaklin-Farcher, S., Reiter, K., Nosko, C. & Lembens, A. (2023). Begleitmaterial zu "Leo. Saures und Basisches in unserem Alltag". https://aeccc.univie.ac.at/lehrerinnen/unterrichtsmaterialien/leo-primarstufe/

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning 'acids and bases' in lower secondary school. In Chemistry Teacher International. De Gruyter. 1-11.

Lembens, A. & Nosko, C. (2021). Erfahrungen und Erkenntnisse zu chemischen Aspekten des Alltags ermöglichen. Entwicklung und Evaluation eines Materialpaketes für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In A. Holzinger, S. Kopp-Sixt, S. Luttenberger & D. Wohlhart (Hrsg.), Fokus Grundschule – Qualität von Schule und Unterricht (Vol. 2, S. 261-270). Waxmann.

Lembens, A., Nosko, C., Jaklin-Farcher, S. & Reiter, K. (in Druck). Materialien zum Thema „Saures und Basisches im Alltag" – Unterstützung zur Unterrichtsgestaltung und Weiterentwicklung des Professionswissen von Sachunterrichtslehrer:innen. In A. Reh & N. Dunker (Hrsg.), Chemisches Lernen im Sachunterricht – Herausforderungen und Potentiale: Kinder, Sachen, Welten.

Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge: Sense Publishers

Mitchell, I., Keast, S., Panizzon, D. & Mitchell, J. (2016). Using 'big ideas' to enhance teaching and student learning. Teachers and Teaching, 1-15.

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S. & Lembens, A. (2018). „Das Gegenteil von sauer ist süß" – Chemische Aspekte in Sachunterrichtsbüchern der Primarstufe. In PriSE (Progress in Science Education), published by CERN in Geneva, Switzerland. Online ISSN 2405-6057, Vol 1, No 2 (2018). https://e-publishing.cern.ch/index.php/ prise/article/view/808/pdf.

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S., Reiter, K. & Lembens, A. (2020). Leo. Saures und Basisches in unserem Alltag. Books on Demand.

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S., Reiter, K. & Lembens, A. (2022). Entwicklung und Evaluation von Materialien, zur Anregung von Sinnkonstruktionsprozessen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2021. Band 42. Universität Regensburg, S. 708-711.

Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 47(1), 47–70.

Carsten Albert[1, 2]
Gesche Pospiech[2]

[1]Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden
[2]Technische Universität Dresden

Quantenphysik in Klasse 9 - Entwicklung und Evaluierung eines Lehrkonzeptes

Hintergrund

Quantenphysik wird vielfach als eine der erfolgreichsten Theorien überhaupt angesehen und ist ohne Zweifel ein Grundbaustein unseres physikalischen Weltbildes (Küblbeck & Müller, 2007; Ireson, 1999). Gerade in Hinblick auf die „zweite Quantenrevolution“ haben die Quantenphysik und die damit verbundenen technologischen Entwicklungen das Potential, unser Leben wesentlich zu beeinflussen (vgl. Foti et al., 2021). Damit einher geht nicht nur eine gesellschaftliche, sondern auch eine bildungspolitische Relevanz. Im schulischen Bereich spiegeln sich diese Rahmenbedingungen auch in den neuen Bildungsstandards wider, die hier neue Schwerpunkte setzen und einen klaren Trend hin zu modernen Aspekten der Quantenphysik erkennen lassen (vgl. KMK, 2020).

Bisher ist die Quantenphysik praktisch ausschließlich Teil des Unterrichtes in der Sekundarstufe 2 (vgl. Stadermann et al., 2019). Moderne Zugänge eröffnen jedoch die Möglichkeit, in das Gebiet der Quantenphysik und -technologien bereits in der Mittelstufe einzuführen. So kann einer wesentlich größeren Zielgruppe Einblick in dieses physikalisch und gesellschaftlich relevante Thema ermöglicht werden.

Vor diesem Hintergrund entstand das Design-Based-Research-Projekt „Qubits4Pupils“. Übergeordnete Zielstellung ist die Entwicklung und Evaluierung eines einführenden, qualitativen und phänomenorientierten Unterrichtskonzeptes zur Quantenphysik für Klassenstufe 9 im Kontext der Funktionsweise von Quantencomputern.

Theoretische Grundlagen zum gewählten Zugang

Innerhalb der Fachdidaktik hat sich ein breiter Konsens darüber herausgebildet, dass eine qualitative und konzeptuelle Einführung in die Quantenphysik gerade mit einem Schwerpunkt auf Quantentechnologien große bildungstheoretische Potentiale bietet und einen früheren Einstieg in das Thema ermöglicht (vgl. Müller, 2016; Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017).

Ein in diesem Kontext vielversprechender Ansatz stellt der Zugang zur Quantenphysik über Zweizustandssysteme (s. g. „Spin-First-Ansatz“) dar. Dabei werden wesentliche Konzepte und Phänomene an einem exemplarischen quantenphysikalischen Zweizustandssystem („Qubit“) thematisiert (Dür & Heusler, 2014).

Dieser Ansatz bietet gerade im Kontext von Quantentechnologien und -information aus fachdidaktischer Sicht zahlreiche Vorteile gegenüber eher traditionellen Zugängen. So sind die genutzten physikalischen Systeme oft wesentlich einfacher als die betrachteten Systeme des traditionellen Unterrichtes. Der Gegenstandsbereich ist außerdem begrifflich einfacher und sauberer zu fassen. Zudem wird er u. a. durch Analogieexperimente experimentell zugänglicher und ermöglicht eine zeitgemäße Erneuerung der Aufgabenkultur (Müller, 2016).

Design-Prinzipien für die Intervention
Für die Entwicklung des Konzeptes wurden Leitlinien und Design-Prinzipien aus aktuellen fachdidaktischen Ansätzen und Befunden im Bereich der Quantendidaktik abgeleitet, wobei hier aus Mangel an empirischen Untersuchungen in der Mittelstufe zunächst Befunde benachbarter Zielgruppen zur Generierung von Arbeitshypothesen genutzt wurden.

Grundsätzlich baut das Konzept auf einem Spin-First-Ansatz auf, der durch die Einführung des Elektronenspins als Qubit umgesetzt wird. Dieses Vorgehen ermöglicht gleichzeitig einen vollständigen Verzicht auf den Wellenbegriff – denn dieser soll zur Vermeidung der damit verbundenen zahlreichen Lernschwierigkeiten und Fehlvorstellungen (z. B. Hybridmodelle) umgangen werden (vgl. Hopf & Wilhelm, 2018; Körhasan & Miller, 2020).

Außerdem benötigt die Quantenphysik im Vergleich zur klassischen Physik ein ganz neues Denk- und Begriffssystem (Pospiech & Schöne, 2012), weshalb eine klare Begriffsbildung und Sprachsensibilität zentrale Design-Aspekte in der Ausgestaltung des Konzeptes sind.

Auf Grundlage weiterer Befunde sind darüber hinaus folgende Prinzipien von Bedeutung:
- Abgrenzung und Zusammenhang von Quantenphysik und klassischer Physik verdeutlichen
- Erarbeitung von Phänomenen entlang klar definierter Wesenszüge
- Phänomen- und Konzeptorientierung
- Gamification zum Einstieg in die Thematik

Forschungsfragen
Kernziel der explorativ ausgerichteten Forschung ist die Evaluierung des gewählten Zugangs einschließlich der im Verlauf des Projektes entwickelten Design-Prinzipien und der entstandenen Lehrmaterialien. Im Sinne einer summativen Evaluierung des Gesamtkonzeptes ergeben sich die folgenden übergeordneten Forschungsfragen:
- Wie lernwirksam ist das Konzept in Hinblick auf erworbenes deklaratives Wissen?
- Inwiefern trägt das Konzept zur Entwicklung quantenphysikalisch adäquater Vorstellungen bei?
- Welche Verständnisschwierigkeiten treten bei den Lernenden auf?
- Wie wirkt sich die Intervention auf das Fachinteresse in Physik, auf das aktuelle Interesse an Physik auf das fachbezogene Selbstkonzept in Physik bei den Lernenden aus?
- Wie wird der Unterricht im Allgemeinen und der Einsatz von Gamification im Speziellen von den Lernenden beurteilt?
- Wie bewerten Lehrkräfte das Unterrichtskonzept?

Studiendesign
Für das Lehrkonzept wurden zunächst der Lerngegenstand spezifiziert und ausgehend vom aktuellen Forschungsstand die oben skizzierten Design-Prinzipien abgeleitet. Darauf aufbauend wurde eine inhaltliche Strukturierung erarbeitet, die in einen ersten Entwurf für Lehrmaterialien überführt wurde (vgl. Dube & Hußmann, 2021).

Diese inhaltliche Strukturierung wurde zunächst in einem Laborsetting mithilfe s. g. „Akzeptanzbefragungen“ formativ evaluiert. Dabei handelt es sich um leitfadenbasierte Einzelinterviews, bei denen eine zyklische Abfolge von Interventions- und Befragungsphasen erfolgt (vgl. Burde, 2018; Wiesner & Wodzinski, 1996). Die Interviewstudie hat die Design-

Prinzipien und das grundsätzliche Vorgehen im Wesentlichen bestätigt. Außerdem gab sie Einblicke in kognitive Prozesse der Lernenden, aus denen erste Änderungen und Verbesserungen für die nachfolgenden Unterrichts-Pilotierungen im Feld abgeleitet wurden. Detaillierte Ergebnisse sind bei Albert & Pospiech (2023) zu finden.

Im zweiten Schulhalbjahr des Schuljahres 2022/23 wurde das Lehrkonzept mit insgesamt sechs Klassen bzw. Kursen in Sachsen und Hessen durch den Studienautor sowie einen studentischen Mitarbeiter pilotiert. Unter anderem mit Hilfe von Lehr- und Lerntagebüchern, Schüler- und Lehrerfeedback und Aussagen in Schülerinterviews konnten das Konzept und die Materialien bis zur finalen Version zyklisch adaptiert und ausgeschärft werden.

Im Schuljahr 2023/24 findet die Hauptstudie statt, deren Ziel die summative Evaluierung des ausgeschärften Konzeptes durch eine mittlere dreistellige Zahl von Lernenden ist. Dabei wird das Konzept im Sinne einer hohen externen Validität durch Lehrkräfte nach Absolvieren einer Lehrerfortbildung mit den entwickelten Materialien eigenständig unterrichtet. Zur summativen Evaluierung kommen sowohl Fragebögen (quantitativ) wie auch Einzelinterviews (qualitativ) zum Einsatz, deren Ergebnisse im Anschluss zur Triangulation genutzt werden sollen.

Material zur Intervention

Ausgangspunkt von Design-Based-Research ist ein praxisrelevantes Problem, für das eine praxistaugliche Lösung erarbeitet wird (Wilhelm & Hopf, 2014). In diesem Prozess ist die Entwicklung von empiriebasierten Unterrichtsmaterialien ein wichtiges Element (vgl. Dube & Prediger, 2017).

Ausgehend von den ersten Materialentwürfen ist zum Ende der Pilotierungsphase ein umfangreicher Materialpool zum Konzept entstanden, wozu v. a. ein Schülerlehrbuch, ein Arbeitsheft (inklusive Lösungen), Arbeitsblätter, eine Lehrerhandreichung mit fakultativen Hintergrundinformationen, eine mehrteilige HTML-Simulation zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand sowie ein Stoffverteilungsplan zählen.

Entwicklung von Erhebungsinstrumenten zur summativen Evaluierung

Parallel zur zyklischen Adaption der Intervention wurden Erhebungsinstrumente zur summativen Evaluierung entwickelt. Während zur Erhebung affektiver Variablen eine Reihe validierter Erhebungsinstrumente vorliegt, mussten diese zur Erhebung der Lernwirksamkeit für den konkreten Gegenstandsbereich neu entwickelt werden. Dabei lag der Fokus im Rahmen des Pilotunterrichtes auf der Entwicklung von geschlossenen Fragebögen zum deklarativen Wissen sowie zum Ausprägungsgrad quantenphysikalischer Vorstellungen.

Der Fragebogen zum deklarativen Wissen wurde, aufbauend auf curricularen Aspekten und einem Strukturmodell, unter anderem durch offene Fragen in Lerntagebüchern und eine Laut-Denken-Interviewstudie entwickelt, pilotiert und mittels klassischer Testtheorie, CFA und Rasch-Analyse ausgewertet. Der Vorstellungsfragebogen wurde ausgehend von curricularen und strukturellen Aspekten nach dem Vorbild von Müller (2003) und Bitzenbauer (2020) entwickelt und durch ein zweistufiges Interviewverfahren validiert. Darüber hinaus wurden ein halboffener Lehrerfragebogen sowie ein Interviewleitfaden für die teilstrukturierten Einzelinterviews mit den Lernenden entwickelt.

Literatur

Albert, C. & Pospiech, G. (2023): Quantenphysik in Klasse 9. Ergebnisse einer Akzeptanzbefragung für ein Spin-First-Unterrichtskonzept. In: PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG Frühjahrstagung 2023 (eingereicht)

Bitzenbauer, P. (2020): Quantenoptik an Schulen. Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik: Logos Verlag Berlin

Burde, J.-P. (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Dissertation. Logos Verlag Berlin

Dube, J. & Hußmann, S. (2021): Fachdidaktische Entwicklungsforschung (Design Research). Theorie- und empiriegeleitete Gestaltung von Unterrichtspraxis. In: Früher Bildungsdialog Wissenschaftskommunikation zwischen Bildungsforschung und Schule, S. 18–37

Dube, J. & Prediger, S. (2017): Design-Research – Ein Forschungszugang für praxisnahe Lernprozessforschung in der Deutschdidaktik. In: leseforum.ch., 1/2017

Dür, W. & Heusler, S. (2014): Visualization of the Invisible: The Qubit as Key to Quantum Physics. In: The Physics Teacher 52 (8), S. 489–492. DOI: 10.1119/1.4897588

Foti, C., Anttila, D., Maniscalco, S. & Chiofalo, M. (2021): Quantum Physics Literacy Aimed at K12 and the General Public. In: Universe 7 (4), S. 86. DOI: 10.3390/universe7040086

Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018): Schülervorstellungen zu Feldern und Wellen. In: Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 185–208

Ireson, G. (1999): A multivariate analysis of undergraduate physics students' conceptions of quantum phenomena. In: Eur. J. Phys. 20 (3), S. 193–199. DOI: 10.1088/0143-0807/20/3/309

Körhasan, N. D. & Miller, K. (2020): Students' mental models of wave–particle duality. In: Can. J. Phys. 98 (3), S. 266–273. DOI: 10.1139/cjp-2019-0019

Krijtenburg-Lewerissa, K.; Pol, H. J.; Brinkman, A. & van Joolingen, W. R. (2017): Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. In: Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 13 (1). DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109

Küblbeck, J. & Müller, R. (2007): Die Wesenszüge der Quantenphysik. Modelle, Bilder, Experimente. 3., unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner (Praxis-Schriftenreihe Abteilung Physik, Bd. 60)

Müller, R. (2016): Quanteninformation. Ein neues Paradigma für den Quantenphysik-Unterricht? In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 65 (1), S. 4

Müller, R. (2003): Quantenphysik in der Schule. Logos Verlag Berlin

Pospiech, G. & Schöne, M. (2012): Quantenphysik in Schule und Hochschule. In: PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, S. 1-10

Stadermann, H. K. E., van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019): Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. In: Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 15 (1), S. 10130. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland & Humboldt Universität zu Berlin (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. 1. Auflage. Köln: Carl Link Verlag

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996): Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: Duit, R. und von Rhöneck, C. (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften, S. 250–274

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014): Design-Forschung. In: Krüger, D.: Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Hg. v. Parchmann, I. & Schecker, H. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum (Springer eBook Collection), S. 31–42

Stefan Kraus[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Universität Würzburg

PUMA : Optiklabor – eine WebAR-Anwendung zur Unterstützung der Optiklehre

Hintergrund

Augmented Reality (AR) ist spätestens seit Applikationen wie „Pokémon-Go“ ein bekannter Begriff für die Verschmelzung von Realität und virtuellen Elementen. Auch gibt es inzwischen viele Projekte, bei denen AR in der Lehre eingesetzt wird. Diese Studie geht in zwei Aspekten einen Schritt weiter: Zum einen wird rein auf **Webtechniken** gesetzt, um die Installation einer Applikation auf den Endgeräten der Schülerinnen und Schüler zu umgehen. Dies erhöht die Einsatzfähigkeit der Applikation immens, da wenig Speicherplatz und keine Installationsrechte benötigt werden. Zum anderen wird hier kein Realversuch durch Augmentierung mit zusätzlichen Inhalten angereichert, sondern ein *low-cost*-Labor für Schule und heimischen Schreibtisch konzipiert. Unter dem Begriff „**WebAR-Simulation**“ wird im Rahmen der Arbeitsgruppe **P**hysik**u**nterricht **m**it **A**ugmentierung (PUMA) des Lehrstuhls für Physik und ihre Didaktik der Universität Würzburg (Frank, et al., 2023) eine Optik-Simulation entwickelt, die durch Augmentierung ein signifikant realistischeres haptisches Erlebnis bietet, als reine Bildschirmexperimente. So erhalten die Nutzerinnen und Nutzer „Marker“, welche sie auf den Tisch legen. Auf dem Bildschirm des mobilen Endgeräts werden in das Kamerabild an Stelle der Marker Gegenstände eingeblendet, wie aus Optik-Experimentierkästen bekannt.

Abb. 1 PUMA : Optiklabor

Ziel der WebAR-Simulation ist nicht, das klassische Realexperiment zu ersetzen. Vielmehr soll es möglich sein, Versuche ohne großen Kosten- und Materialaufwand durchführen zu können. Dabei sind die Schülerinnen und Schüler nicht wie in anderen Simulationen auf feste Rahmenbedingungen eingeengt, sondern können spielerisch an die durchaus komplexen Modelle herangeführt werden. Durch das Einblenden von Zusatzinformationen und das händische Verschieben der Marker ist ein gänzlich neues Begreifen des Versuchs möglich. Auch können Parameter wie die optische Dichte während des Versuchs geändert und die Folgen live beobachtet werden. Die AR-Simulation kann unabhängig von der Ausstattung der Schule auch jederzeit zu Hause mit dem eigenen Gerät genutzt werden. (Kraus & Trefzger, 2023)

Forschungsfragen

FF1: Wie nutzen und bewerten Lehrende und Lernende eine webbasierte Augmented Reality Simulation im Bereich der Optik der Sekundarstufe 1 inner- und außerhalb des Unterrichts?

FF2: Auf welche Weise wirkt der Einsatz einer webbasierten Augmented Reality Simulation im Bereich der Optik auf Präkonzepte und motivational-affektive Merkmale von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1?

FF3: Inwiefern entspricht eine webbasierte AR-Simulation auf der Basis von AR.js den technischen Anforderungen des Unterrichts in einer 8. Klasse in Bezug auf Nutzererfahrung, Technikaffinität und Plattformunabhängigkeit?

Studie

Ziel der Studie ist die Forschung zum Einsatz einer WebAR-Simulation im Physikunterricht und die gleichzeitige Entwicklung der dabei eingesetzten Applikation nach der Methode **Design-Based-Research**. In mehreren Iterationen soll dabei eine Web-Anwendung entstehen, die nach aktuellen Erkenntnissen und neu gewonnen Daten sinnstiftend, problemlos und kostenlos im Optikunterricht eingesetzt werden kann. Währenddessen wird sowohl auf der Seite der Lehrkräfte, als auch auf der der Schülerinnen und Schüler beleuchtet, wie sich die Vorteile einer WebAR-Simulation gewinnbringend im Optikunterricht nutzen lassen und wie gut die Technik unter Praxisbedingungen funktioniert. Bei der Auswertung wird es insbesondere darum gehen, welche der Erkenntnisse über das beforschte Produkt hinaus Gültigkeit besitzen. Das hier vorgestellte Studiendesign liegt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des zuständigen Kultusministeriums zum Zeitpunkt der Tagung vor und ist bis zur endgültigen Genehmigung als Arbeitsdokument im Entwurfsstadium zu verstehen.

Testinstrumente

Zunächst werden von Lehrenden wie Lernenden **Basisgrößen** erhoben, die bei der Einordnung der Ergebnisse helfen sollen. So geben sie beispielsweise Alter, Vorerfahrungen mit AR, technische Ausstattung und Schulart an, die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die gewählte Ausbildungsrichtung und die Lehrkräfte die technische Ausstattung der Schule an. Hinzu kommt insbesondere der Zugang zu WLAN wie auch die Verfügbarkeit von mobilen Endgeräten im Unterricht.

Die **Technikaffinität** wird mithilfe des etablierten „Affinity for Technology Interaction" (ATI) Tests eingeordnet (Franke, Attig, & Wessel, 2019). Dieser mit neun Items kurze Fragebogen ist allgemein formuliert und wird so auch in anderen Bereichen verwendet.

Sowohl vor als auch nach der Unterrichtsreihe wird das **Fachwissen** zur Optik im Konzepttest Strahlenoptik und Abbildungen (KTSO-A) geprüft (Hettmansperger, Müller, Scheid, Kuhn, & Vogt, 2021). Dieser geht insbesondere auf die Lichtausbreitung, die Bildentstehung und das Strahlenmodell bzw. die Bildkonstruktion im Kontext „Abbildungen an der Sammellinse" ein.

Regelmäßig wird auch die **Nutzererfahrung** untersucht. Dabei wird der vielfach erprobte „User Experience Questionaire" (UEQ+) verwendet (Schrepp & Thomaschewski, 2019). In einer verkürzten Version betrachtet er die Dimensionen Attraktivität, Stimulation und Nützlichkeit nach jeder Benutzung der Web-Applikation. Dadurch, dass bei jeder Nutzung der fachliche Kontext verknüpft wird, können Zusammenhänge zwischen Nutzererfahrung und dem behandelten Inhalt beforscht werden. Am Ende der Unterrichtsreihe führen alle Nutzerinnen und Nutzer die verlängerte Variante mit den zusätzlichen Feldern Visuelle Ästhetik, Intuitive Bedienung und Wertigkeit durch.

In den letzten Jahren wurde zunehmend die Aussagekraft des Geschlechts zur Erklärung gruppenspezifischer Erscheinungen in Zweifel gezogen. Ein alternatives Konzept ist die Kategorisierung in sogenannte „**Brain Types**", die sich durch Stärken im empathisierenden und/oder systematisierenden Denken auszeichnen (Greenberg, Warrier, Allison, & Baron-Cohen, 2018). Auch der dazu gehörige Fragebogen mit 28 Items wird von allen Teilnehmenden einmalig zu Beginn der Unterrichtssequenz ausgefüllt.

Während aufgrund recht einfachen Inhalts die Erwartungen in einen großen Fachwissenszuwachs durch die Nutzung der AR-Applikation gedämpft sind, ist es durchaus denkbar, dass sich **affektive Faktoren** gerade in dieser Anfangsphase des Physikunterrichts beeinflussen lassen. Natürlich lässt sich argumentieren, dass der Einsatz eines neuen Mediums immer kurzzeitig steigernde Effekte hat. Deshalb wird der Kontrollgruppe kein strikt vorgegebener, wenig

repräsentativer Unterricht erteilt, sondern ein Unterricht, wie ihn die Lehrkräfte aus ihrer eigenen Erfahrung mit ihrem Feingefühl und ihrer Erfahrung gestalten würden. Zudem ist die Unterrichtssequenz mit etwa acht Wochen groß genug, um Kurzzeiteffekte größtenteils zu eliminieren (Clark, 1983). Für die Messung der affektiven Faktoren wird ein Fragebogen aus der Chemiedidaktik angepasst (Habig, 2017). Dieser umfasst die Dimensionen Fachinteresse, Sachinteresse, intrinsische und extrinsische Motivation, physikbezogenes Selbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung in der Physik und wertbezogenes, individuelles Interesse.
Um die Daten besser einordnen zu können, führen die Lehrkräfte ein kategorisiertes **Unterrichtstagebuch**. Die hier hinterlegten Informationen wie Inhalt der Stunde, genutzte Methode und Zeitpunkt im Unterrichtsverlauf werden über eindeutige Nutzercodes mit den Durchführungen verknüpft.
Auch die technische Weiterentwicklung gehört zum iterativen Prozess des Design-Based-Research. Daher werden bei jeder Nutzung der WebAR-Applikation **technische Daten** über den genutzten Browser, das Betriebssystem und die Dauer der Nutzung hinterlegt. Über die Uhrzeit der Nutzung lässt sich der Einsatz im Unterricht von der am Nachmittag unterscheiden.

Studiendesign
Die geplante Studie baut sich aus zwei relativ ähnlichen Phasen auf. Beide beginnen mit der Information und Werbung von Lehrkräften durch überregionale Onlinefortbildungen. Nach der Klärung aller nötigen Einwilligungen füllen die Teilnehmenden die Fragebögen zu Basisdaten, Technikaffinität, Braintype und Ausstattung durch.
Phase I konzentriert sich auf FF1 und lässt den Lehrkräften daher freie Hand beim Einsatz der WebAR-Applikation. Dabei dokumentieren die Lehrkräfte vor jeder Durchführung ihre Intentionen und Erwartungen. Nach den Durchführungen wird jeweils die Nutzererfahrung aufgezeichnet. Am Ende der Phase I werden die Lehrkräfte in Interviews zu ihren Erfahrungen befragt. Die ersten Auswertungen werden zur Gestaltung der Phase II und ersten Überarbeitung verwendet. Zudem ist es hilfreich für Phase II, wenn sich die Lehrkräfte für das folgende Schuljahr mindestens zwei 8. Klassen wünschen.
Phase II beginnt wiederum mit Online-Fortbildungen zur weiteren Verbreitung. Möglichst sollen nun nur Lehrkräfte mit mind. zwei Klassen teilnehmen. Der Prätest wird um die Tests Schülervorstellungen und affektive Merkmale erweitert. Anschließend werden die Klassen zufällig einer AR und einer Kontrollgruppe zugelost. Durch das Losverfahren wird verhindert, dass bei der Auswahl der Klassen Vorwissen der Lehrkraft miteingeht. Jede Lehrkraft unterrichtet im Anschluss mindestens eine Klasse aus der Treatment- und eine aus der Kontrollgruppe. Dadurch soll die Lehrkräftevariable vermindert werden. Die Kontrollgruppe erhält den Unterricht so, wie ihn die Lehrkraft auch unabhängig der Studie durchführen würde. Dadurch soll mit ausreichend großer Stichprobe ein echter Vergleich zum konventionellen Unterricht möglich werden. Die Treatmentgruppe wird nun eine fest vorgegebene Anzahl von Übungen des PUMA : Optiklabors durchführen. Dokumentiert wird dies weiterhin mit einem Unterrichtstagebuch und Fragebögen zur Nutzererfahrung. Am anschließenden Post-Test nehmen alle Schülerinnen und Schüler teil und füllen wiederum den Fachwissenstest und den Fragebogen zu affektiven Merkmalen aus. Auch nach Phase II sind Interviews geplant, um noch mehr über die Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer zu lernen.
Zuletzt erfolgt die Auswertung, eine weitere Überarbeitung der Materialien aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse und die Bereitstellung des digitalen Schülerübungskastens „Puma : Optiklabor“.

Literatur

Clark, R. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research 53(4)*, 445-459.

Frank, F., Kraus, S., Kreikenbohm, A., Schwanke, H., Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2023). Das Projekt PUMA (Physik-Unterricht Mit Augmentierung). *Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) Hannover 2023 (Poster)*. doi:10.13140/RG.2.2.19624.14081

Franke, T., Attig, C., & Wessel, D. (2019). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. *: International Journal of Human–Computer Interaction 35*, 456-467. doi:10.1080/10447318.2018.1456150

Greenberg, D., Warrier, V., Allison, C., & Baron-Cohen, S. (2018). Testing the Empathizing-Systemizing theory of sex differences and the Extreme Male Brain theory of autism in half a million people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115*, S. 12152–12157. doi:10.1073/pnas.1811032115

Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren (Studien zum Physik- und Chemielernen 223).* Logos Verlag.

Hettmansperger, R., Müller, A., Scheid, J., Kuhn, J., & Vogt, P. (2021). KTSO-A: Konzepttest Strahlenoptik - Abbildungen. Entwicklung eines Konzepttests zur Erfassung von Konzepten der Lichtausbreitung, Streuung und der Entstehung reeller Bilder im Bereich der Strahlenoptik. *Progress in Science Education (PriSE) Vol. 4 No. 1*, 11-35. doi:10.25321/prise.2021.1015

Kraus, S., & Trefzger, T. (2023). WebAR-Techniken unterstützen die Optik-Lehre. *49. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)*, (S. 865-868). Aachen.

Schrepp, M., & Thomaschewski, J. (2019). *Eine modulare Erweiterung des User Experience Questionnaire.* doi:10.18420/muc2019-up-0108

Schwanke, H., & Trefzger, T. (2023). Augmented Reality in Schülerversuchen – Entwicklung und Evaluierung der Applikation PUMA: Magnetlabor. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung, & T. Trefzger, *Die Zukunft des MINT-Lernens: Digitale Tools und Methoden für das Lehren und Lernen* (S. 77-91). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Stolzenberger, C., Frank, F., Trefzger, T., Wilhelm, T., & Kuhn, J. (2023). Spannung mit PUMA : Spannungslabor. *Physik in unserer Zeit 54*, S. 44-45. doi:10.1002/piuz.202370109

Nina Peltzer[1]
Daniel Römer[1]
Jan Winkelmann[1]

[1]Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Wahrnehmung physikalischer Erklärungen - eine Eye-Tracking Studie

Ausgangslage

Idealisierungen sind in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung omnipräsente (Winkelmann, 2023) bewusst getroffene falsche Annahmen zur Erfüllung eines bestimmten Zweckes (Cassini & Redmond, 2021). Sie können als Optimierungen einer Erklärung verstanden werden (Hüttemann, 1997) und dienen der Annäherung an die komplexe Wirklichkeit (Potochnik, 2020; Ramme & Winkelmann, 2022). Um diese verstehen zu können, werden einzelne Eigenschaften vernachlässigt oder verfälscht. So kann das im Fokus stehende Phänomen mithilfe von, als relevant erachteter Merkmale erklärt werden (Portides, 2018; Strevens , 2017). Im Kontext der vorliegenden Studie werden Idealisierungen als eine Praxis aus dem Bereich der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, und nicht als eine Methode der didaktischen Reduktion verstanden. Im Physikunterricht liegen Idealisierungen den thematisierten Inhalten zugrunde, werden jedoch meist nur implizit thematisiert (Ramme & Winkelmann, 2022). Bisher ist weitgehend unklar, welchen Beitrag eine explizite Thematisierung von Idealisierungen zu einem im Physikunterricht angestrebten konzeptionellen Verständnis von Physik leisten kann.

Zielsetzung

Ziel war das Aufzeigen möglicher Unterschiede in der Auseinandersetzung mit physikalischen Erklärungen anhand von Eye-Tracking Daten. Die Erklärungen thematisieren Idealisierungen explizit beziehungsweise implizit. Somit sollte eine Grundlage für mögliche weitere Untersuchungen zum Beitrag expliziter Thematisierung von Idealisierungen zur Förderung konzeptionellen Verständnisses im Physikunterricht gelegt werden.

Methodik

Es wurden zwei digitale Erklärungsversionen gewählt, welche sich nur anhand der Art der Thematisierung der zugrundeliegenden Idealisierungen (Winkelmann & Römer, 2023) unterscheiden. Der grundlegende Aufbau beider Versionen besteht aus einem Einstieg zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Seite 1), der Konstruktion von außerordentlichen Lichtwegen und der Mittelebene an einem beispielhaften Modell zur dünnen Linse (Seite 2), der Erklärung des beispielhaften Modells zur Vorhersage des Abbildungsprozesses (Seite 3) sowie einer abschließenden Erklärung des Phänomens des Abbildungsprozesses an der teilweise abgedeckten Linse (Seite 4). Um Unterschiede in der Auseinandersetzung mit den beiden Erklärungsumgebungen zu erfassen, wurde eine qualitative Eye-Tracking Studie (n= 10, 50% weiblich) mit Siebtklässler*innen mit dem Tobii Pro Fusion screenbased eyetracker durchgeführt. Die Methode des Eye-Trackings wurde gewählt, da sie die Visualisierung und Messung von kognitiven Prozessen und Aufmerksamkeit ermöglicht (Bera *u. a.*, 2019). Die Abfolge der Versionen wurde abwechselnd manuell zugeteilt, die Erklärungsumgebungen wurden somit in quasi-randomisierter Reihenfolge präsentiert. Für die Auswertung der Blickbewegungsdaten wurden verschiedene Bereiche auf den Seiten der Erklärungen, sogenannte Areas of Interest (AOIs),

definiert. Die Auswertung der Daten erfolgte anhand der AOI-Metriken number of fixations und total duration of fixations.

Zentrale Ergebnisse

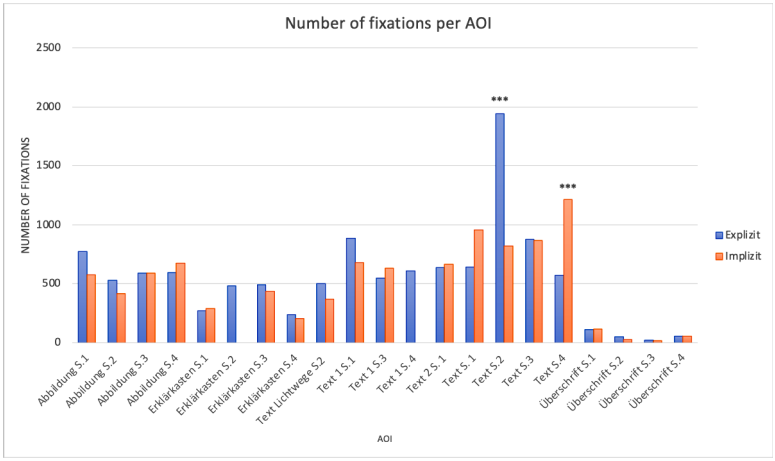


Abbildung 2 Vergleich der Mittelwerte der Fixationsanzahl für die einzelnen AOIs

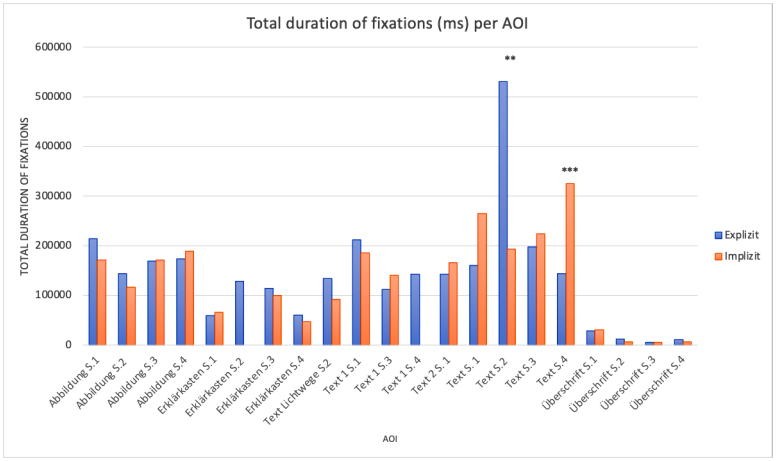


Abbildung 1 Vergleich der Mittelwerte der Gesamtdauer der Fixationen für die einzelnen AOIs

Im Vergleich der AOI-Metriken der beiden Erklärungsumgebungen können signifikante Unterschiede für die Seiten 2 und 4 festgestellt werden. Es ergeben sich hierbei eine besonders lange Fixationsdauer und eine besonders hohe Fixationsanzahl für den Text auf Seite 2 der expliziten Version und den Text auf Seite 4 der impliziten Version. Insgesamt werden Texte länger und häufiger fixiert als Abbildungen. Überschriften hingegen weisen besonders seltene und kurze Fixationen auf. Im Gesamtvergleich zwischen den beiden Erklärungsversionen fällt auf, dass sich keine AOI-übergreifenden Unterschiede ergeben.

Diskussion

Bei der Auseinandersetzung mit den beiden Erklärungsversionen werden Texte insgesamt länger und häufiger fixiert als Abbildungen. Dies ist ein erwartbares Ergebnis und deckt sich mit Erkenntnissen aus der Blickbewegungsforschung zu Multimedia-Leseverhalten (Johnson & Mayer, 2012). Die Überschriften werden in beiden Erklärungsumgebungen besonders selten und kurz fixiert. Dies gibt keinen Hinweis auf eine unterschiedliche Auseinandersetzung mit den Erklärungen, kann jedoch für zukünftige Untersuchungen, welche sich auf das Verständnis der Lernenden fokussieren, eine relevante Erkenntnis sein. So könnte es hilfreich sein, Informationen aus den Überschriften noch einmal im Text aufzugreifen, um sicherzustellen, dass diese von den Lernenden wahrgenommen werden. Bezüglich einzelner Abschnitte der Erklärungsversionen ergeben sich Unterschiede, welche hinsichtlich der Struktur der Erklärungen erwartbar waren. So ergeben sich mit Seite 2 der expliziten Version und Seite 4 der impliziten Version Unterschiede bezüglich einzelner Areas of Interest. Auf Seite 2 der expliziten Version wird eine neue Thematik vorgestellt: die Idealisierung der Mittelebene. Auf Seite 4 beider Versionen wird mit der abgedeckten Linse ebenfalls eine für die Lernenden neue Thematik präsentiert. Eine höhere Fixationsanzahl und längere Fixationsdauer in der impliziten Version lassen darauf schließen, dass der Text auf Seite 4 der impliziten Version länger kognitiv verarbeitet wurde als in der expliziten Version. Um verstehen zu können, warum auch bei einer teilweise abgedeckten Linse dasselbe Modell zur Vorhersage der Abbildung verwendet werden kann, wie ohne Abdeckung, ist ein Verständnis für die Idealisierung der Mittelebene, beziehungsweise die außerordentlichen Lichtwege, notwendig. In der impliziten Version wird bis zu diesem Punkt darauf hingewiesen, dass die außerordentlichen Lichtwege nicht mit realem Licht verwechselt werden dürfen, jedoch wird nicht tiefer auf die zugrundeliegenden Idealisierungen eingegangen. Daher ist es möglich, dass in der impliziten Version auf Seite 4 bei den Lernenden noch kein grundlegendes Verständnis oder Wissen darüber vorhanden ist, dass die außerordentlichen Lichtwege nicht durch die Linse verlaufen müssen, um im Modell zur Vorhersage der Abbildung verwendet werden zu können. Dies könnte eine Erklärung für die längere Fixationsdauer und höhere Fixationsanzahl für den Text auf Seite 4 der impliziten Version sein.

Bezüglich der Interpretation von Fixationsdauer und -häufigkeit ergeben sich einige Limitationen. Lange oder häufige Fixationen sind ohne weitere Angaben schwierig zu deuten. Es kann ohne weitere Untersuchungen, wie beispielsweise Interviews mit den Teilnehmenden im Anschluss an die Eye-Tracking Erhebung, nicht abschließend geklärt werden, ob lange und häufige Fixationen durch eine erhöhte Schwierigkeit des Inhalts der Erklärung oder durch ein erhöhtes Interesse am vermittelten Inhalt begründet werden können (Bera *u. a.*, 2019; Fu *u. a.*, 2016; Mayer, 2010). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Nachbefragungen im Anschluss an die Erhebung mit dem Eyetracker durchgeführt, diese fokussierten sich allerdings nicht speziell auf die identifizierten Stellen, sondern eher auf die allgemeine Akzeptanz der Erklärungen. Aufgrund des Designs der Erklärungsumgebungen in dieser Studie ist es naheliegend, dass Unterschiede in den Blickbewegungsdaten auf die Art der Erklärungen und ihre Verständlichkeit zurückzuführen sind, da sich die beiden Versionen allein in der Art und Weise, wie die zugrundeliegenden Idealisierungen thematisiert werden unterscheiden und der Inhalt ansonsten identisch ist. AOI-übergreifend konnten keine Unterschiede in der Auseinandersetzung zwischen expliziter und impliziter Version festgestellt werden. Dies spricht für eine grundsätzlich ähnliche Auseinandersetzung mit beiden Erklärungsumgebungen.

Literatur

Bera, P., Soffer, P. und Parsons, J. (2019), „Using Eye Tracking to Expose Cognitive Processes in Understanding Conceptual Models“, MIS Q., Vol. 43.

Cassini, A. und Redmond, J. (2021), „Introduction: Theories, Models, and Scientific Representations“, in Cassini, A. und Redmond, J. (Hrsg.), Models and Idealizations in Science, Bd. 50, Springer International Publishing, Cham, S. 1–50, doi: 10.1007/978-3-030-65802-1_1.

Fu, B., Noy, N.F. und Storey, M.-A. (2016), „Eye tracking the user experience – An evaluation of ontology visualization techniques“, herausgegeben von Dadzie, A.-S., Pietriga, E., Dadzie, A.-S. und Pietriga, E.Semantic Web, Vol. 8 No. 1, S. 23–41, doi: 10.3233/SW-140163.

Hüttemann, A. (1997), Idealisierungen und das Ziel der Physik: eine Untersuchung zum Realismus, Empirismus und Konstruktivismus in der Wissenschaftstheorie, W. de Gruyter, Berlin ; New York.

Johnson, C.I. und Mayer, R.E. (2012), „An eye movement analysis of the spatial contiguity effect in multimedia learning.“, Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 18 No. 2, S. 178–191, doi: 10.1037/a0026923.

Mayer, R.E. (2010), „Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics“, Learning and Instruction, Vol. 20 No. 2, S. 167–171, doi: 10.1016/j.learninstruc.2009.02.012.

Portides, D. (2018), „Idealization and abstraction in scientific modeling“, Synthese, Vol. 198 No. S24, S. 5873–5895, doi: 10.1007/s11229-018-01919-7.

Potochnik, A. (2020), Idealization and the Aims of Science, Paperback edition., The University of Chicago Press, Chicago.

Ramme, F. und Winkelmann, J. (2022), „Auseinandersetzung mit Idealisierungen im Physikunterricht“, gehalten auf der Didaktik der Physik: Frühjahrstagung -, virtuell.

Strevens, M. (2017), „How Idealizations Provide Understanding“, in Grimm, S., Baumberger, C. und Ammon, S. (Hrsg.), Explaining Understanding: New Essays in Epistemology and the Philosophy of Science, Routledge.

Winkelmann, J. (2023), „On Idealizations and Models in Science Education“, Science & Education, Vol. 32 No. 1, S. 277–295, doi: 10.1007/s11191-021-00291-2.

Winkelmann, J. und Römer, D. (2023), „The ‘thin lens’ in the light of idealisations“, Physics Education, Vol. 58 No. 6, S. 065024, doi: 10.1088/1361-6552/acf828.

Autor:innenverzeichnis

Abazi, Adrian G11
Universität Münster

Abbas, Nilab P014
Universität Paderborn

Abels, Simone A21, E06, P024, P037, P038, P039, P104, P118
Leuphana Universität Lüneburg

Abumezied, Mosab P066
RWTH Aachen University

Albert, Carsten P154
Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden und Technische Universität Dresden

Albrecht, Luc E17
Universität zu Köln

Amacker, Valerie C02
Pädagogische Hochschule Luzern

Andersen, Jasmin P071
Christian Albrechts Universität zu Kiel

Anton, Tom Konrad E09
Universität zu Köln

Anzengruber, Andreas P112
Paris-Lodron Universität Salzburg

Asali, Ahmad P101, P116
RWTH Aachen Universität

Atahan, Sascha F14
RWTH Aachen University

Auer, Ralf P065
Universität Regensburg

Auf der Landwehr, Katja Maria P099
Universität Münster

Banerji, Amitabh A22, P098-P109, P108
Universität Potsdam

Bauer, Anna B. P014
Universität Paderborn

Becker-Genschow, Sebastian A10, A12
Universität zu Köln

Belova, Nadja Universität Bremen	P018-P021, P020
Berber, Sandra Universität Konstanz	A04
Bergander, Nils Technische Universität Dortmund	P126
Bering, Lisa Humboldt-Universität zu Berlin	P044
Bernholt, Andrea IPN Kiel	D01
Bernholt, Sascha IPN Kiel	P098-P109, P108
Bernsteiner, Angelika Universität Graz	D08
Bier, Tobias Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau	P148
Billion-Kramer, Tim Pädagogische Hochschule Ludwigsburg	C17
Binder, Tobias Universität Tübingen	P029
Bleckmann, Tom Leibniz Universität Hannover	P001-P005, P005
Blick, Gina Universität Konstanz	P119
Bliesmer, Kai Carl von Ossietzky Universität Oldenburg	H22, P032, P059, P129, P130, P131, P133, W02
Block, Dietmar Christian Albrechts Universität zu Kiel	P071
Blumberg, Eva Universität Paderborn	P104
Boegel, Svenja Universität Duisburg Essen	D19
Böhmer, Jule Universität Hamburg	B12

Bohrmann-Linde, Claudia P098
Bergische Universität Wuppertal

Bölsterli Bardy, Katrin J05
Pädagogische Hochschule, Luzern

Bolte, Claus B09, D23, I05, J01, P088
Freie Universität Berlin

Böning, Paul P027
Technische Universität Dresden

Borchert, Cornelia P035, P062
Universität Bielefeld

Borkamp, Rasmus G11
HAW Hamburg

Borowski, Andreas Einführung, E01, E03, E14, I17, P007, P009,
Universität Potsdam P075, P091, P101

Brandenburger, Martina H06
Pädagogische Hochschule Freiburg

Brandl (geb. Knie), Lisa D15

Brandt, Hanne B12
Universität Hamburg

Braun, Irina F12
Justus-Liebig-Universität Gießen

Bresges, André A12
Universität zu Köln

Breunig, Patricia H18
Universität Regensburg

Brockmann-Behnsen, Dirk F23
Leibniz Universität Hannover

Brockmüller, Steffen P048
FAU Erlangen-Nürnberg

Brott, Michele B06
Universität Potsdam

Brovelli, Dorothee C02
Pädagogische Hochschule Luzern

Bruckermann, Till A10
Leibniz Universität Hannover

Brückmann, Maja P099, P104, P113
Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

Brückner, Mathea P105
Universität Konstanz

Brusdeilins, Marina P104
Universität Bielefeld

Bub, Frederik D16, P060
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Budimaier, Florian I15
Universität Wien und PH Wien

Bühler, Eva C17
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Burde, Jan-Philipp A17, A18, P010, P107, P150
Universität Tübingen

Burkhardt, Lea Mareike H11
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Buschhüter, David I17
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Cavelti, Martina J04
Pädagogische Hochschule Zürich

Christ, Lisa-Marie D16, P060
Universität Augsburg

Cirkel, Jasper O. G18
Universität Göttingen

Çolakoğlu, Jasmin H12
IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

Costan, Kasim D24, P107
Universität Bremen

Costan, Melissa D24
Universität Bremen

Dallinger, Doris G17
Universität Graz

Damköhler, Jens P030
Universität Würzburg

De Cock, Mieke H23
KU Leuven

Dexheimer-Reuter, Robin D13
Technische Universität Darmstadt

Dictus-Christoph, Christian P125
Humboldt-Universität zu Berlin

Diederich, Malte G18
Technische Universität Darmstadt

Diermann, Dominik B22, P067, P098-P109, P108
Technische Universität München

Dietel, Elisabeth P057
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dieterich, Sonja B21
Universität Duisburg-Essen

Dietrich, Julia A02
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dietz, Dennis D23, I05
Freie Universität Berlin

Dorsel, Dominik P066
RWTH Aachen University

Duff, Armin E20
Swiss Science Centre Technorama

Egerer, Constantin B06, P098-P109, P108
Universität Potsdam

Egger, Christina P045
Pädagogische Hochschule Salzburg

Eitemüller, Carolin P080, P122
Universität Duisburg-Essen

Elpelt, Curtis P031
Universität Frankfurt /Main

Elsholz, Markus P030, P058, P072
Universität Würzburg

Emden, Markus E20
Pädagogische Hochschule Zürich

Engstler, Valentin P018-P021, P019
Universität Münster

Erb, Roger P068
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Eugster, Stephanie P128
Pädagogische Hochschule St. Gallen

Falk, Barbara A12

Fasching, Matthias P139
Universität Wien

Fechner, Sabine P016, P052, P098
Universität Paderborn

Fehlinger, Paula P046
OVGU Magdeburg

Felzmann, Dirk P148
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau

Feser, Markus B12
Universität Hamburg

Fichtner, Beate P094
Universität zu Köln

Fietkau, Anja P039
Leuphana Universität Lüneburg

Finger, Alexander A10
Universität Leipzig

Fischer, Matthias G19
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Fischer, Vanessa D21, J13, P080
Universität Duisburg-Essen

Flegr, Salome P150
LMU München

Fleischer, Hendrik P011
Leibniz Universität Hannover

Fleischer, Timo P045, P112
Paris-Lodron Universität Salzburg

Flerlage, Carolin D01, D01-D04, P098-P109, P108
IPN Kiel

Flieser, Katharina B11
Universität Regensburg

Forster, Katharina P067, W02, W04
Technische Universität München

Frank, Florian A03
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Freudenberg, Sophie P088
Freie Universität Berlin

Friege, Gunnar D07, P004, P005
Leibniz Universität Hannover

Fritz, Marie-Christin P045
Universität Salzburg

Fröhleke, Christoph P016
Universität Paderborn

Fuhrmann, Timm P037
Leuphana Universität

Gahrmann, Dennys P009
Universität Potsdam

Gerlach, Susanne D14, D21
Universität Duisburg-Essen

Ghassemi, Novid G24
Freie Universität Berlin

Gierl, Katharina P117
RPTU in Landau

Gieske, Robert B09, P088
Freie Universität Berlin

Ginsel, Michael P131
Universität Koblenz

Glaesser, Judith P150
Universität Tübingen

Glaser, Steffen B22
Technische Universität München

Gogolin, Ingrid B12
Universität Hamburg

Goldhorn, Laura G03
Goethe-Universität Frankfurt

Graichen, Martina A20, P102
Pädagogische Hochschule Freiburg

Graulich, Nicole A08, C07, F12, F15
Justus-Liebig Universität Gießen

Gresens, Kerstin H08
Universität Duisburg-Essen

Groß, Benjamin P150
Universität Tübingen

Groß, Janne P024
Leuphana Universität Lüneburg

Groß, Katharina G22, P018, P018-P021, P094, P149
Universität zu Köln

Große-Heilmann, Rike A17, A18, 107
Universität Paderborn

Grusche, Sascha J05
Technische Universität München

Gryl, Inga E02
Universität Duisburg-Essen

Günthner, Iris A12

Gut, Christoph J04
Pädagogische Hochschule Zürich

Haab, Anna P010
Eberhard Karls Universität Tübingen

Haagen-Schützenhöfer, Claudia D08, E12, F03, P142
Universität Graz

Haarhus, Laura P113
Universität Oldenburg

Haas, Fabiola P116
DSHS Köln

Habig, Sebastian A01, B10, I07, P016, P048
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Hackemann, Timo P073
Universität Hamburg

Hädrich, Julia E16
Universität Kassel

Hahn, Larissa C08
Universität Göttingen

Hahn, Lotte I01
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Hannich, Frank E20
ZHAW School of Management and Law

Hansel, Marie B23, P018-P021
Technische Universität Braunschweig

Hardy, Ilonca PV
Goethe-Universität Frankfurt

Härtig, Hendrik H08
Universität Duisburg-Essen

Heinicke, Susanne I06, P089
Universität Münster

Heinitz, Benjamin W01
Leibniz Universität Hannover

Heinke, Heidrun F14, I08, P022, P066, P101, P116
RWTH Aachen University

Heinrich, Gesa P035
Technische Universität Braunschweig

Heller, Vivien P092
Bergische Universität Wuppertal

Helms, Viktoria Katrin C08
Universität Göttingen

Henne, Anna P105
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Hermanns, Jolanda P126
Universität Potsdam

Hermanns, Simon P133
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Herzog, Stefanie D01-D04, D03, P098-P109, P108
IPN Kiel

Hesse, Brian P149
Universität zu Köln

Heusler, Stefan G11
Universität Münster

Hillebrand, Julian P129
Universität Oldenburg

Hinkelmann, Maria P022
RWTH Aachen University

Hofer, Elisabeth A21, P039, P118
Leuphana Universität Lüneburg

Holländer, Monika P040
TU Dortmund

Holzapfel, Marisa Alena E19, P113
Universität Oldenburg

Höner, Kerstin P035
Technische Universität Braunschweig

Hopf, Martin F07, I15, P139
Universität Wien

Hoppe, Anett P004
TIB Leibniz-Informationszentrum für Technik & Naturwissenschaften

Hörnlein, Madeleine I03
Universität Paderborn

Höttecke, Dietmar B12, P054, P095, P123
Universität Hamburg

Huber, Dennis B22
Technische Universität München

Huwer, Johannes A10, P105, P119
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Ibraj, Krenare P135
Technische Universität Darmstadt

Ivanjek, Lana H23, P150
Universität Linz

Jaklin-Farcher, Susanne P152
Universität Wien und Pädagogische Hochschule Wien

Janke, Salome P016
Universität Paderborn

Jasper, Leonie P151
Technische Universität Dortmund

Jonas-Ahrend, Gabriela J06
Universität Paderborn

Jordans, Melanie P127
Universität Paderborn

Joubran, Fadeel J06
Arab Academic College for Education

Jungbluth, Tom C03
Pädagogische Hochschule Freiburg

Jupke, Isabel C11
Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

Kaldewey, Marvin C20
Universität Bielefeld

Kannegieser, Sören P119
RPTU Kaiserslautern

Kapanadze, Marika J06
Ilia State University, Georgia

Kappe, C. Oliver G17
Universität Graz

Kärcher, Kevin H20
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Kardaş, Engin P087
Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Kasper, Lutz P124
PH Schwäbisch Gmünd

Katzenbach, Dieter H11
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Kauertz, Alexander G08, P117, P148
Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

Kawrigin, Andrea E19
Universität Duisburg-Essen

Kaya, Tania E20
ZHAW Schoold of Mangement and Law

Kelava, Augustin P150
Universität Tübingen

Khagy, Sevan P012
Universität Regensburg

Kiel, Celina P103, P104
Universität Bielefeld

Kirchhoff, Antonia P043
Universität Bielefeld

Kirf, Mathias W03, P128
Pädagogische Hochschule St. Gallen

Klein, Pascal C08, G16, G18
Universität Göttingen

Klein, Rebecca P102
PH Freiburg

Klein-Soetebier, Timo P116
DSHS Köln

Klinger, Thomas P079
FH Kärnten – gGmbH

Knack, Erika J13
Universität Duisburg-Essen

Knoechelmann, Alexander J01
Freie Universität Berlin

Koenen, Jenna A13, B22, P042, P061, P067, P098-P109, P108, W02, W04
Technische Universität München

Kok, Karel P084
Humboldt-Universität zu Berlin

Komorek, Michael H22, J14, P032, P059, P129, P130, P133
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Konieczny, Viktoria P092
Ruhr-Universität-Bochum

Korneck, Friederike P031, W01
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Korner, Marianne P006
Universität Wien

Körner, Hans-Dieter H20
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Krabbe, Heiko P092
Ruhr-Universität-Bochum

Kranz, David A08, F15
Justus-Liebig-Universität Gießen

Kranz, Joachim P033
Humboldt-Universität zu Berlin

Kraus, Stefan P159
Universität Würzburg

Krebs, Ann-Katrin C24, P124
Leuphana Universität Lüneburg

Krebs, Rita Elisabeth D12
Universität Wien

Kreiter, Christian P079
FH Kärnten – gGmbH

Kremer, Kerstin P029
Universität Gießen

Kremser, Erik A10
Technische Universität Darmstadt und Universität Konstanz

Kressdorf, Freja D18
MLU Halle-Wittenberg

Krey, Olaf D16, G05, P060
Universität Augsburg

Kriegel, Moritz G02
Technische Universität Darmstadt

Kröger, Robin A12

Krug, Manuel P105
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Krüger, Maleika I04
Universität Potsdam

Krumphals, Ingrid H13, H14, P046, P079
Pädagogische Hochschule Steiermark

Kubsch, Marcus B19, P047, P087
Freie Universität Berlin

Kühne, Patricia P053
Leibniz Universität Hannover

Kulgemeyer, Christoph D20, D24, I03, I17, P107
Universität Bremen

Künsting, Josef C03
Pädagogische Hochschule Freiburg

Kurschildgen, Sophie P029
Universität Gießen

Labudde, Marlene I04
Pädagogische Hochschule FHNW und Universität Basel

Lachner, Andreas A17
Universität Tübingen

Lahme, Simon Z. G16, G18
Universität Göttingen

Langner, Axel C07
Justus-Liebig-Universität Gießen

Lathwesen, Chantal P018-P021, P020
Universität Bremen

Laumann, Daniel G11, I06, I18
Universität Münster

Laaströöer, Jonas G11
HAW Hamburg

Lazarides, Rebecca P007
Universität Potsdam

Legscha, Yannick L. P135
Technische Universität Darmstadt

Lembens, Anja D12, E08, F18, J02, P152
Universität Wien

Lenzer, Stefanie P098-P109, P108
IPN Kiel

Leuschen, Lara E20
ZHAW School of Management and Law

Levetzow, Sven P074
Universität Rostock

Liskes, Anna P056
Universität Duisburg-Essen

List, Florian P038
Leuphana Universität Lüneburg

Lohse-Bossenz, Hendrik C17
Universität Greifswald

Ludwig, Tobias P087
Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Lühken, Arnim H11
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Lutz, Leo E15
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Lutz, Wolfgang P058
Universität Würzburg

Magdans, Uta P007, P091
Universität Potsdam

Majcen, Alina P096
Universität Graz

Markovnikova, Anzhelika P001-P005, P002
Leibniz Universität Hannover

Marohn, Annette P019
Universität Münster

Martin, Paul A08, F15
Justus-Liebig-Universität Gießen

Maurer, Nikolai P105
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Maut, Christoph P084
Humboldt-Universität zu Berlin

Mazzolini, Alexander J06
Swinburne University of Technology, Australia

Meier, Monique A10
Technische Universität Dresden

Meier, Moritz J02
Universität Wien

Melle, Insa P040, P151
Technische Universität Dortmund

Memmen, Jannis P059
LMU München

Menthe, Jürgen H10, P140
Universität Hildesheim

Meschede, Nicola P099
Universität Münster

Metzger, Susanne I04, J15
Pädagogische Hochschule FHNW und Universität Basel

Meyer, André P001-P005, P004
Leibniz Universität Hannover

Meyer, David P104
Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

Micoloi, Magdalena H23
TU Dresden

Mientus, Lukas E01, E01-04, E03, P101
Universität Potsdam

Mierau, Julia P116
DSHS Köln

Mikelskis-Seifert, Silke A20, C03, H06, P102
Pädagogische Hochschule Freiburg

Milwa, Deborah H17
Universität Kassel

Möhlenkamp, Michelle A01
Universität Duisburg-Essen

Möhrke, Philipp P119
Universität Konstanz

Möller, Rebecca B12, P095
Universität Hamburg

Montz, Hannah P068
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Morek, Miriam B10
Universität Duisburg-Essen

Müller, Andreas G16
Universität Genf

Müller, Jirka P101
Universität Potsdam

Müller, Stefan A15
Universität Koblenz

Münch, Benjamin P143
Universität Regensburg

Mutschler, Tanja I17
Universität Potsdam

Nagel, Clemens P086
Universität Wien

Nef, David E20
Swiss Science Centre Technorama

Neff, Sascha B08
Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

Nehring, Andreas W01
Leibniz Universität Hannover

Nell, Sebastian I08
RWTH Aachen University

Nepper, Hannes P124
PH Schwäbisch Gmünd

Nerdel, Claudia A23, H19
Technische Universität München

Neumann, Irene P009
IPN Kiel

Neumann, Knut B19
IPN Kiel

Neureiter, Herber P045
Pädagogische Hochschule Salzburg

Nickel, Sebastian P048
FAU Erlangen-Nürnberg

Niehs, Benjamin A12
Universität zu Köln

Nitz, Sandra P148
Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

Nitzsche, Heinke P116
RWTH Aachen

Nordmeier, Volkhard G24
Freie Universität Berlin

Noritzsch, Jens P101
RWTH Aachen University

Nosko, Christian F18, P152
KPH Wien/Krems und AECC Chemie Universität Wien

Nowak, Anna E01, E01-04, E03
Universität Potsdam

Obczovsky, Markus E12
Universität Graz

Oldag, Jos P001, P001-P005
Leibniz Universität Hannover

Omarbakiyeva, Yultuz H13, H14, P046
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Österlein, Jan-Martin B10
Universität Duisburg-Essen

Pampel, Barbara P105
Universität Konstanz

Pantiri, Giulia H11
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Parchmann, Ilka D01, H12, P098-P109, P108
IPN Kiel

Pauly, Annabel G06
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Pawlak, Felix H10, P023
Universität Tübingen

Peltzer, Nina P160
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Pernice, Wolfram G11
Universität Heidelberg

Peter, Stefanie G05
Universität Augsburg

Petter, Arne D23
Freie Universität Berlin

Pfeifer, Jochen P124
PH Schwäbisch Gmünd

Pfitzner, Arno P065
Universität Regensburg

Plotz, Thomas H13
Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems

Pollmeier, Pascal E01-04, E04, P052
Universität Paderborn

Pölloth, Benjamin H07
Eberhard Karls Universität Tübingen

Ponath, Jonas P098
Universität Paderborn

Pospiech, Gesche H23, P027, P154
Technische Universität Dresden

Prechtl, Markus P135, W02
Technische Universität Darmstadt

Preuß, Isabel A04
Pädagogische Hochschule Weingarten

Prewitz, Niklas G22, P018, P018-P021
Universität zu Köln

Priemer, Burkhard P084
Humboldt-Universität zu Berlin

Priert, Christina P140
Universität Hildesheim

Puddu, Sandra F18
Pädagogische Hochschule Wien und Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems

Rabe, Thorid D16, D18, I01, P060
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Rau-Patschke, Sarah C18, D14, E19
Universität Duisburg-Essen

Rehm, Markus C17
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Reid, Marc D01-D04
IPN Kiel

Reiners, Christiane S. E09, E17
Universität zu Köln

Reinhold, Peter P014
Universität Paderborn

Reinholz, Heidi P074
Universität Rostock

Reiter, Katrin P152
Universität Wien und Pädagogische Hochschule Wien

Renner, Melanie F03
Universität Graz

Richter, Christiane H22
Carl von Ossitzky Universität Oldenburg

Riemer, Nastja P126
Universität Potsdam

Riese, Josef A17, A18, B05, P014, P107, P127
Universität Paderborn

Rinaldi, Stefanie W02
Pädagogische Hochschule Luzern

Rincke, Karsten B11, H18, I16
Universität Regensburg

Ringdorfer, Ricarda G17
Universität Graz

Ripsam, Melanie A23
Technische Universität München

Risch, Björn B08, C11, P137, P148
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau

Robin, Nicolas F20
Pädagogische Hochschule St.Gallen

Rodemer, Marc B21, E01-04, E02
Universität Duisburg-Essen

Rodenhauser, Annika P118
Leuphana Universität Lüneburg

Rogge, Tim E04
Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS)

Rohr, Sebastian B07
Universität Regensburg

Römer, Daniel G21, P160
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Ronnebaum, Marie-Theres P099
Universität Oldenburg

Ropohl, Mathias A01, B10, B16, D19, H09
Universität Duisburg-Essen

Rost, Marvin D12, E08, J02
Universität Wien

Rott, Benjamin A12
Universität zu Köln

Rubner, Isabel P098
Pädagogische Hochschule Weingarten

Rüchel, Anna P075
Universität Potsdam

Rueda, Antonio E14
Universität Potsdam

Rumann, Stefan B21, C18, E02, P080
Universität Duisburg-Essen

Rüschenpöhler, Lilith G14
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Sauer, Maike P148
Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

Schaber, Muriel A14
Leibniz Universität Hannover

Schäfer, Xenia I07
FAU Erlangen-Nürnberg

Schanze, Sascha J07, P001, P002, P011, P053
Leibniz Universität Hannover

Schauer, Regina B12
Universität Hamburg

Schecker, Horst PV03
Universität Bremen

Scheid, Jochen G08
RPTU Kaiserslautern Landau

Schiolko, Marcus B16
Universität Duisburg-Essen

Schlummer, Paul G11
Universität Münster

Schmid, Rahel F20
Pädagogische Hochschule St.Gallen

Schmidt, Elvira P029
Universität Gießen

Schmidt-Bäse, Karen P061
Technische Universität München

Schmitt, Kevin P017
Technische Universität Darmstadt

Schmitz, Jana Dorothea P032
Universität Oldenburg

Schneider, Charlotte I04, J15
Pädagogische Hochschule FHNW und Universität Basel

Schneider, Susanne G18
Universität Göttingen

Schorn, Bernadette G04
Europa-Universität Flensburg

Schoßau, Phillip Gerald P007
Universität Potsdam

Schröder, Thomas-Philipp P021
Ruhr-Gymnasium Witten

Schubatzky, Thomas A17, A18, D08, E12, H23, P107, P142
Universität Innsbruck

Schuck, Carsten G11
Universität Münster

Schuck, Patrick P054
Universität Hamburg

Schulze, Christian P071
Christian Albrechts Universität zu Kiel

Schulz-Schaeffer, Reinhard G11
HAW Hamburg

Schumacher, Andrea P018, P018-P021
Universität zu Köln

Schüßler, Katrin F24
Universität Duisburg-Essen

Schüßler, Marie P099
Universität Paderborn

Schwanke, Hagen P072
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik - Universität Würzburg

Schwarz, Maria H13, H14
Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems

Schwarzer, Stefan D15, H07, P010, P023, P029
Eberhard Karls Universität Tübingen

Schwedler, Stefanie C20, P043, P062, P103, P104
Universität Bielefeld

Schween, Michael F15
Philips-Universität Marburg

Schweizer, Malte J07
Leibniz Universität Hannover

Schwichow, Martin H06
Pädagogische Hochschule Freiburg

Seibert, Johann-Nikolaus P114
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landu

Semmler, Luzie B23, B24, P018-P021
Technische Universität Braunschweig

Siebers, Laura C18
Universität Duisburg-Essen

Siegmann, Sophia D07
Leibniz Universität Hannover

Sommer, Katrin P021, P098
Ruhr-Universität Bochum

Sorge, Stefan I17, P047, P087
IPN Kiel

Sowinski, Ronja E06, P118
Leuphana Universität Lüneburg

Spatz, Verena D13, G02, G03, G18, P017
Technische Universität Darmstadt

Spitzer, Philipp D08, D22, G17, P096
Universität Graz

Staacks, Sebastian P066, P116
RWTH Aachen University

Stamatakis, Markos P001-P005
Leibniz Universität Hannover

Stampfer, Christoph P066
RWTH Aachen University

Steegh, Anneke H12
IPN Kiel und Leibniz Universität Hannover

Steffensky, Mirjam 0
Universität Hamburg

Stein, Katrin P091
Universität Potsdam

Steinmetz, Thomas Benedikt P079
FH Kärnten – gGmbH

Stinken-Rösner, Lisa H10, I18, P104, P118, P120
Universität Bielefeld

Stöger, Benjamin H19
Technische Universität München

Stolzenberger, Christoph A03
Universität Würzburg

Strahl, Alexander A12, F20, J05
Universität Salzburg

Streller, Sabine J01
Freie Universität Berlin

Strippel, Christian Georg P018-P021, P021
Ruhr-Universität Bochum

Sührig, Laura P068
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Sumfleth, Elke PV03
Universität Duisburg-Essen

Syskowski, Sabrina A04, P105, P119
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Tanveer, Majeed P116
RWTH Aachen University

Tassoti, Sebastian J08
Universität Graz

Tautz, Simon P047
IPN Kiel

Tenberge, Claudia P099
Universität Paderborn

Tepner, Oliver B07, P012, P065, P143
Universität Regensburg

ter Horst, Nicolai A02
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Thoms, Lars-Jochen A10, P105, P119
Universität Konstanz und Pädagogische Hochschule Thurgau

Thyssen, Christoph A10, P119
RPTU Kaiserslautern

Tiemann, Rüdiger E22, P033, P044, P125
Humboldt-Universität zu Berlin

Tischer, Jonas J14
Universität Oldenburg

Toschka, Christina P018-P021, P021
Ruhr-Universität Bochum

Tramowsky, Nadine P102
PH Freiburg

Trauten, Florian P122
Universität Duisburg-Essen

Trefzger, Thomas A03, P030, P058, P072, P159
Universität Würzburg

Trense, Steffi P033
iMINT-Akademie Berlin

Tschiersch, Anja A22
Universität Potsdam

Unger, Paul I16
Universität Regensburg

Unger, Sandra P035
Technische Universität Braunschweig

van Vorst, Helena Vorwort, A01, D21, H09, P056
Universität Duisburg-Essen

Vöckel, Laura P116
DSHS Köln

Vogelsang, Christoph D01-D04, D02, E04
Universität Paderborn

Voit, Anne P042
Technische Universität München

von Kotzebue, Lena A10
Paris Lodron Universität Salzburg

Vonschallen, Stephan I04
Pädagogische Hochschule FHNW und Universität Basel

Wackermann, Rainer H23
Ruhr-Universität Bochum

Wagner, Steffen P084
Humboldt-Universität zu Berlin

Walpuski, Maik F24, J04, J13, P122
Universität Duisburg-Essen

Wartig, Bianka P120
Universität Bielefeld

Watts, Elizabeth H10
Universität Kassel

Watzka, Bianca H13, H14, P046
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Wedekind, Lisa P052
Universität Paderborn

Weiler, David A17, A18, P107
Universität Tübingen

Weissbach, Anna D20
Universität Bremen

Welberg, Julia I06
Universität Münster

Welzel-Breuer, Manuela G19
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Wenzel, Annkathrin P104
Universität Paderborn

Wenzel, Volker H11
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Westhoff, Peter Michael P089
Universität Münster

Wiedmann, Julia E01-04, E02
Universität Duisburg-Essen

Wildbichler, Sarah H23, P142
Universität Innsbruck

Wilde, Timm A02
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Wilhelm, Markus C02, C17, W02
Pädagogische Hochschule Luzern

Wilhelm, Thomas G03, H11, P121
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wilke, Timm P057
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Willmes, Leonie H09
Universität Duisburg-Essen

Windt, Anna P099
Universität Münster

Winkelmann, Jan G21, P160
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Winkens, Tobias F14
RWTH Aachen University

Winter, Louisa F07
Universität Wien und Pädagogische Hochschule Wien

Wodzinski, Rita E16, G20, H17
Universität Kassel

Wulff, Peter A08, E01, E03
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Wyrwich, Tobias B19
IPN Kiel

Ying, Yike E22
Humboldt-Universität zu Berlin

Zachert, Isabel P137
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau

Zeller, Jannis B05
Universität Paderborn

Zerouali, Amina A13, P042
Technische Universität München

Ziegler, Mathias P104
Universität Bielefeld

Zilz, Kendra P123
Universität Hamburg

Zumbach, Jörg P112
Paris-Lodron Universität Salzburg

Zwick, Linda G20
Universität Kassel

Die 50. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2023 an der Universität Hamburg ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Frühe naturwissenschaftliche Bildung“ diskutierten neben den Plenarreferent*innen eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmenden.

GDCP

www.gdcp-ev.de