

Meier, Monique [Hrsg.]; Wulff, Claudia [Hrsg.]; Ziepprecht, Kathrin [Hrsg.]
**Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung. Vom Lernort Natur über
Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrerprofessionalisierung.
Festschrift für Prof. Dr. Jürgen Mayer**

Münster ; New York : Waxmann 2021, 265 S.



Quellenangabe/ Reference:

Meier, Monique [Hrsg.]; Wulff, Claudia [Hrsg.]; Ziepprecht, Kathrin [Hrsg.]: Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung. Vom Lernort Natur über Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrerprofessionalisierung. Festschrift für Prof. Dr. Jürgen Mayer. Münster ; New York : Waxmann 2021, 265 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-228039 - DOI: 10.25656/01:22803

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-228039>

<https://doi.org/10.25656/01:22803>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-Licence: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

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

Monique Meier, Claudia Wulff,
Kathrin Ziepprecht (Hrsg.)

Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung

Vom Lernort Natur über
Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung
zur Lehrerprofessionalisierung

Festschrift für Prof. Dr. Jürgen Mayer

WAXMANN

Monique Meier, Claudia Wulff,
Kathrin Ziepprecht (Hrsg.)

Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung

Vom Lernort Natur über Naturwissenschaftliche
Erkenntnisgewinnung zur Lehrerprofessionalisierung

Festschrift für Prof. Dr. Jürgen Mayer



Waxmann 2021
Münster · New York

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Print-ISBN 978-3-8309-4118-7

E-Book-ISBN 978-3-8309-9118-2 (Open Access)

doi: <https://doi.org/10.31244/9783830991182>

© Waxmann Verlag GmbH, 2021

Steinfurter Str. 555, 48159 Münster

www.waxmann.com

info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Daniel Maaß, Kassel; Anne Breitenbach, Münster

Grafiken/Abbildungen: Daniel Maaß, Kassel

Satz: Roger Stoddart, Münster

Dieses Werk ist unter der Lizenz CC BY-NC-SA 4.0 veröffentlicht:

Namensnennung – Nicht-kommerziell –

Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



Inhalt

Zur Konzeption des Buches – ein Vorwort der Herausgeberinnen.....9

Kerstin Kremer

Biographisches und Biologiedidaktisches – Prof. Dr. Jürgen Mayer
zur Verabschiedung in den Ruhestand.....11

Philipp Schmiemann & Marcus Hammann

Von der Erkenntnis zum Gewinn15

Von der Umweltbildung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung

Armin Lude

Naturerfahrungen und der Einsatz von Medien zur Naturerkundung.....21

Dittmar Graf & Gundula Zubke

„Natur erleben ist wertvoller als jedes Buch“ – zur Bedeutsamkeit von
Biodiversität in der biologischen Bildung.....33

Claudia Wulff & Rita Wodzinski

Bildung für nachhaltige Entwicklung lehren und lernen – Schritte
auf dem Weg zu einer Transformation der Lehramtsausbildung43

Sandra Sprenger

Von der Erkenntnisgewinnung zur Bildung für nachhaltige
Entwicklung – eine fächerverbindende Perspektive zweier
fachdidaktischer Konzepte.....55

Kompetenzmessung und -förderung im Kontext von Scientific Literacy

Vanessa Fischer, Mariella Rothe, Elke Sumfleth, Maik Walpuski & Nicole Wellnitz

Zur Konstruktion fächerübergreifend
vergleichbarer Kompetenz-Testaufgaben.....65

Christiane Specht

Von Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Bereich
Erkenntnisgewinnung zur Lehrkräftebildung in Niedersachsen:
ein persönlicher Perspektivwechsel77

Julia Arnold

Wissenschaftliches Denken – die Rolle von prozeduralem Wissen
und Methodenwissen beim Forschenden Lernen.....87

Monique Meier & Marit Kastaun

Lernunterstützungen als Werkzeug individualisierter Förderung im
naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess95

(Kognitions-)Psychologische Forschungsperspektiven in der fachdidaktischen Forschung

Kerstin Kremer & Detlef Urhahne

Wissenschaftsverständnis – Zugänge zur Epistemologie aus
naturwissenschaftsdidaktischer und pädagogisch-psychologischer
Perspektive 119

Kathrin Ziepprecht, Finja Grospietsch & Julia Schwanewedel

Metakognition im Kompetenzbereich Kommunikation –
eine empirische Studie zu Lernstrategien von Schülerinnen und
Schülern beim Lesen biologischer Sachtexte..... 125

Irina Streich & Anne Cohonner

„Wünschenswerte Erschwernisse“ im Kontext des Forschenden Lernens –
Sind langfristige Lernerfolge beim Forschenden Lernen ein Ergebnis
des Generierungs- oder Testeffekts? 143

Lars Meyer-Odewald, Daniel Horn, Monique Meier,

Rita Wodzinski & Kathrin Ziepprecht

Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode zur Förderung
der Diagnosekompetenz in der Lehramtsausbildung..... 155

Professionalisierung angehender Lehrkräfte – hochschuldidaktische Lehrkonzepte und curriculare Vernetzung

Gabi Dübbelde & Claudia v. Aufschnaiter

Lehramtsstudierende diagnostizieren fachmethodisches Arbeiten
von Schülerinnen und Schülern – ein Verbundprojekt 179

Hagen Kunz & Julia Wolowski

Wissenschaftliches Denken und Arbeiten im kompetenzorientierten
Biologieunterricht – Aufbau von fachmethodischem Wissen in der
Qualifizierung angehender Lehrkräfte 189

Kathrin Ziepprecht & Monique Meier

Umsetzung und Weiterentwicklung von Modellen zur
curricularen Vernetzung in hochschuldidaktischen
Lernumgebungen in PRONET und PRONET² 203

Katharina Gimbel, Finja Grospietsch & Kathrin Ziepprecht

Aspekte professioneller Handlungskompetenz fach- und
inhaltspezifisch ausdifferenzieren und theoriebasiert fördern 219

Martina Sutter, Sandra Textor & Stefan Weber

Erfolgreiche Kooperation der 1. und 2. Phase der Lehrerbildung
am Beispiel der Ausbildung von Biologielehrkräften
an der Universität Kassel 237

Gedanken zur Zukunft der Biologiedidaktik

Ute Harms

Bedeutung und Aufgaben einer universitären Didaktik der Biologie –
Wo stehen wir und wo soll es hingehen? 247

Autorinnen und Autoren 259

Zur Konzeption des Buches – ein Vorwort der Herausgeberinnen

Als einer der renommiertesten Vertreter der Biologiedidaktik ging Jürgen Mayer im Herbst 2020 in den Ruhestand. Didaktische Wissenschaften sind Brückendisziplinen, die vor dem Hintergrund des jeweiligen Fachs und mit Hilfe pädagogischer und psychologischer Methoden arbeiten. Sie haben ihre Wurzeln sowohl im naturwissenschaftlichen als auch im geisteswissenschaftlichen Denken und generieren daraus ihre Ergebnisse für die Lehr-Lernforschung. Jürgen Mayer kannte beide Seiten: Er studierte Biologie, Chemie, Philosophie und Pädagogik und hat neben dem Lehramtsstudium auch das Diplom in Biologie abgelegt. Seine Forschungsschwerpunkte decken ein breites Spektrum ab: Neben der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und der Professionalisierung von Lehrkräften umfassen sie auch Umweltbildung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung, neurobiologische Lerntheorien sowie Bioethik. Mit dieser fachlichen Vielfalt hat Jürgen Mayer für viele Menschen, seine Kolleginnen und Kollegen¹, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Studentinnen und Studenten, Wege in der Biologiedidaktik bereitet. Dabei hat er in seiner kollegialen, kooperativen und immer verständnisvollen Art Menschen begleitet, geführt und unterstützt. Viele seiner Doktorandinnen und Doktoranden sowie Postdoktorandinnen und Postdoktoranden bekleiden inzwischen Professuren in Deutschland und im europäischen Ausland.

Mit dieser Festschrift möchten wir den wissenschaftlichen Werdegang von Jürgen Mayer in der Biologiedidaktik skizzieren und würdigen. Im Buch kommen jene Menschen zu Wort, die durch die Zusammenarbeit mit ihm als Forschungskolleginnen und -kollegen oder aufgrund seiner Betreuung der eigenen Qualifikationsarbeit in ihrem biologiedidaktischen Forschungsbestreben beeinflusst wurden. In 17 Beiträgen werden die wesentlichen Forschungsgebiete von Jürgen Mayer und ihre Weiterentwicklung beschrieben und empirisch untermauert. Insofern bietet dieses Buch auch einen Überblick über wichtige biologiedidaktische Arbeitsgebiete, Fragen und Diskussionen und ist – neben seinem Festschriftcharakter – auch ein fachdidaktisches Kompendium. Ge-

1 In den Beiträgen dieses Herausgeberwerkes werden Personenbezeichnungen immer mit beiden Geschlechtern angegeben, wie z. B. Schülerinnen und Schüler. Bei komplexeren Begriffen wie z. B. Lehrerbildung und Lehrerprofessionswissen haben wir uns als Herausgeberinnen für die bisher gängige männliche Form entschieden. Die Autorinnen und Autoren in den einzelnen Beiträgen konnten diesbezüglich jedoch nach eigenem Ermessen handeln und die präferierte Schreibweise wählen. Die endgültige Verantwortung für die entsprechenden sprachlichen Formulierungen liegt in diesem Sinne bei den Autorinnen und Autoren [*die Herausgeberinnen*].

rahmt wird der inhaltliche Hauptteil durch eine persönliche Würdigung einer langjährigen Mitarbeiterin von Jürgen Mayer, Kerstin Kremer, die gemeinsam mit den Herausgeberinnen die Idee zu diesem Buch entwickelte. Daran anschließend folgt eine „biographische Erkenntnisgewinnungsreise“ durch die Tätigkeit von Jürgen Mayer, beschrieben von Philipp Schmiemann und Marcus Hammann als Vertreter des Vorstandes der Fachsektion Didaktik der Biologie, in der Jürgen Mayer viele Jahre Mitglied und Teil des Vorstands war. Den Abschluss dieses Kompendiums bildet ein visionärer Blick von Ute Harms zur Stellung der Biologiedidaktik im Heute und Morgen.

Wir danken allen, die an diesem Buch mitgearbeitet haben, den Fachkolleginnen und Fachkollegen, die neben ihrem vollen Terminkalender Zeit gefunden haben, ihre Forschungsprojekte fundiert und verständlich darzustellen, Heike Klippert und Christin Hunold für das Korrigieren und Formatieren sowie Daniel Maaß für das Design des Covers und die Erstellung der Grafiken. Unser ganz besonderer Dank gilt natürlich Jürgen Mayer, der für uns in der gemeinsamen Zeit an der Universität Kassel ein verständnisvoller Kollege, ein inspirierender Gesprächspartner und ein loyaler Arbeitsgruppenleiter war – und über die fachliche Zusammenarbeit hinaus ein wunderbarer Mensch!

Monique Meier

Claudia Wulff

Kathrin Ziepprecht

Kerstin Kremer

Biographisches und Biologiedidaktisches – Prof. Dr. Jürgen Mayer zur Verabschiedung in den Ruhestand

Als Prof. Dr. Jürgen Mayer im Jahre 2009 einen Ruf auf eine Professur für Didaktik der Biologie der Universität Kassel annahm, schloss sich für ihn ein Lebenskreis. In Kassel, wo im Weltkulturerbe Bergpark der Herkules hoch über der Stadt thront, ist Jürgen Mayer aufgewachsen und zur Schule gegangen. Und hier begann mit dem Referendariat am Gymnasium auch seine berufliche Tätigkeit, nachdem er zuvor ein Diplom- und Lehramtsstudium für Biologie und Chemie an der Universität Göttingen erfolgreich absolviert hatte. Begeistert für die wissenschaftliche Perspektive auf den Biologieunterricht entschied sich Jürgen Mayer nach dem Kasseler Referendariat nicht für den vorgezeichneten Weg in den Beruf einer Lehrkraft. Vielmehr nahm er ein Stipendium des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft für eine Promotion am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel an. Im Jahr 1992 wurde Jürgen Mayer als erster Doktorand des Abteilungsdirektors Prof. Dr. Horst Bayrhuber mit einer Dissertation zum Thema *„Formenvielfalt im Biologieunterricht – Ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde“* zum Dr. rer. nat. an der Universität zu Kiel promoviert.

Inhaltlich gesehen stand die Dissertationsschrift von Jürgen Mayer aus dem Jahr 1992 im Zeichen der Curriculumforschung. Darin widmete er sich der Frage, auf welche Weise das Phänomen der biologischen Vielfalt im Unterricht besser vermittelt werden kann. Als methodischen Ansatz wählte er das Verfahren einer Delphi-Studie, bei der Expertinnen und Experten über mehrere Runden zu einem Thema befragt werden. Fünf zentrale Aspekte konnte Jürgen Mayer für die Behandlung von Formenvielfalt im Biologieunterricht ableiten: Ökologie und Umweltschutz, allgemeinbiologisch-physiologische Lebenserscheinungen, Vielfalt von Organismen und Systematisierung, Freizeit und Naturerleben sowie Nutzen und Schaden für den Menschen. Von seiner Doktorarbeit ging ein breiter biologiedidaktischer Diskurs zur Vermittlung von Formenvielfalt im Biologieunterricht aus. Anstelle der traditionellen Schwerpunktsetzung auf Morphologie und Systematik trat nun im Biologieunterricht eine Betrachtung der biologischen Vielfalt, die ökologische, allgemeinbiologische, emotional-ästhetische und wirtschaftliche Zugänge zu integrieren suchte. Im Jahr 1995 lud Jürgen Mayer zu einem Symposium am IPN ein, um mit Expertinnen und Experten aus dem deutschsprachigen Raum in einen Austausch

zu Fragen dieses Spannungsfeldes zu kommen. Daraus entstanden Leitlinien für die Curriculumentwicklung mit Schwerpunktsetzungen im Naturschutz, im Verhältnis zum allgemeinbiologischen Curriculum, im Weltverständnis und zur weiteren Forschung.

Mit seinen frühen Arbeiten agierte Jürgen Mayer ganz am Puls der Zeit und war ihr sogar ein Stück weit voraus. Interdisziplinäre Positionsbestimmungen zu den Konzepten der Biodiversität und Nachhaltigkeit, wie die Agenda 21 der Konferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 und die Verankerung einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) beim Weltgipfel in Johannesburg 2002, sind parallel als globale Wegmarken zu nennen. Mit dem IPN sollte Jürgen Mayer noch viele Jahre in Verbindung bleiben: nach der Promotion bis 1999 als wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellvertretender Abteilungsdirektor und zwischen 2005 und 2015 als Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Instituts der Leibniz-Gemeinschaft.

Anfang der 1990er Jahre brachte Jürgen Mayer die für die Fachdidaktiken so prägende Wende zu empirisch forschenden Disziplinen voran. In der von Horst Bayrhuber geschaffenen und bundesweit ausgerichteten Arbeitsgemeinschaft Didaktik der Naturwissenschaften (ADINA) arbeitete Jürgen Mayer mit am Ziel einer Stärkung der empirischen Forschung. Dazu wurden Projekte mit einem interdisziplinären Ansatz zwischen Fachdidaktik und empirischer Lehr-/Lernforschung zur Antragsreife getrieben. Jürgen Mayer war auch in dieser Funktion äußerst erfolgreich und warb eines der ersten fachdidaktischen DFG-Projekte ein. Unlängst gab er diese reichhaltigen Erfahrungen im Rahmen der Nachwuchsakademie der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) weiter, um Post-Docs bei der Entwicklung von Erstanträgen an die DFG zu unterstützen.

Im Jahr 1999 folgte Jürgen Mayer dem Ruf auf eine Professur für Biologiedidaktik an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Hier prägte er als Direktor des Instituts für Biologiedidaktik sowie langjähriger Direktor des Zentrums für Lehrerbildung (ZfL) die Qualitätsentwicklung in der Lehrerbildung. Auch als Mitglied im Senat der Universität Gießen und Dekan der Fakultät für „Biologie, Chemie und Geowissenschaften“ war Jürgen Mayer langjährig gestaltend und hochschulpolitisch aktiv. Ausgehend von dem PISA-Schock 2001 und der ausgerufenen Bildungskatastrophe arbeitete er mit an der Entwicklung und Implementation kompetenzorientierter nationaler Bildungsstandards zur Behebung der Defizite.

Prof. Dr. Jürgen Mayer scheute sich nie davor, Verantwortung zu übernehmen und Entwicklungen konsequent voranzutreiben. Ausgeprägte analytische Fähigkeiten gepaart mit dem Talent zur Vermittlung zwischen verschiedenen Gruppen und Interessen zeichnen ihn aus. Diese ließ er auch in die fachdidaktische Leitung und Beratung eines nationalen Standardsettings für die regel-

mäßige Bildungsberichterstattung in Deutschland einfließen. Unter der Federführung des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB), das von der Kultusministerkonferenz 2004 gegründete An-Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, verantwortete Jürgen Mayer zentrale Aufgaben des nationalen Bildungsmonitorings. In jüngerer Zeit wurden die gewinnbringenden Kooperationen mit dem IQB in Hinblick auf die Entwicklung von Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik fortgeführt. Seine vielfältigen Leistungen zur Förderung eines zeitgemäßen kompetenzorientierten Biologieunterrichts wurden 2014 im Rahmen des MNU-Bundeskongresses an der Universität Kassel mit dem Eduard-Strasburger-Preis für herausragende fachdidaktische Arbeit mit positivem Wirken in die Schulbiologie gewürdigt. In der Laudatio heißt es folgerichtig: *„Im Zuge der Kompetenzorientierung war er es, der die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung detailliert Schritt für Schritt analysierte und in unterrichtlich umsetzbare Kompetenzen festgeschrieben hat. Aufgrund dieser fundierten Kenntnis gilt er seitdem als der Experte im Bereich Erkenntnisgewinnung in allen bundesweiten Vergleichstests. Dabei legte er besonderen Wert auf das Experimentieren. Nicht zuletzt war und ist ihm die Lehrerbildung ein besonderes Anliegen, wozu er selbst in einer Vielzahl von hervorragenden Vorträgen, Workshops etc. beigetragen hat. Der MNU war und ist er immer ein kompetenter Berater. Herr Prof. Dr. Jürgen Mayer hat sich im besonderen Maße um die Entwicklung des Biologieunterrichts verdient gemacht!“*

Seit 2009 war Jürgen Mayer Professor an der Universität Kassel und wirkte dort bis zu seinem offiziellen Eintritt in den Ruhestand im Jahr 2020. Zusammen mit seiner Arbeitsgruppe hat er eine beeindruckende Breite und qualitative Wertigkeit von Arbeiten zur Lehrerprofessionalisierung, fachdidaktischen Forschung und Entwicklung geschaffen. Dies zeigt sich nicht zuletzt in der starken Prägung des Kasseler Hochschulprojekts „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) innerhalb der von Bund und Ländern initiierten „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ durch die Kasseler Didaktik der Biologie. Der vorliegende Band gibt detailreich Einblick in sein Schaffen.

Prof. Dr. Jürgen Mayer steht mit seinem Lebenswerk und als Persönlichkeit in der Fachdidaktik Biologie beispielhaft für die erfolgreiche Entwicklung einer akademischen Disziplin. Durch Personen wie ihn sind deren vielfältige Potentiale, sich positiv vernetzend in das Portfolio einer Universität einzubringen, erst sichtbar geworden. Sein langjähriges Wirken und seine vielfältigen Erfahrungen sind und waren für die Profilierung und Weiterentwicklung der Didaktik der Biologie als eigenständige Fachrichtung stets ein großer Gewinn. In der Community sehr geschätzt, wurde Jürgen Mayer nicht ohne Grund mehrmals in den Vorstand der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin (VBIO) in Deutschland gewählt.

Jürgen Mayer ist über viele Jahre hinweg für seine Doktorandinnen und Doktoranden, Postdoktorandinnen und Postdoktoranden, Mitarbeitenden, Kolleginnen und Kollegen durch die Strukturiertheit und Klarheit seiner Argumentation und Gedanken ein geschätzter Ratgeber und wertvoller Kritiker. Seine Schülerinnen und Schüler, die heute nationale und internationale Professuren besetzen, auf Leitungspositionen der Biologie- und Naturwissenschaftsdidaktik arbeiten oder in Schule und Bildungsadministration verantwortlich tätig sind, denken sehr gerne und mit Dank an die bereichernde und prägende Zeit in der „AG Mayer“ zurück. Prof. Dr. Jürgen Mayer ist in seiner Bedeutung für die Didaktik der Biologie in Deutschland – wie die Statue des Herkules im Kasseler Bergpark – ein Markenzeichen seiner Stadt.

Von der Erkenntnis zum Gewinn

Viele Forschende und Lehrende in der Biologiedidaktik denken bei den wissenschaftlichen Arbeiten von Jürgen Mayer vermutlich zunächst an seine theoretischen und empirischen Beiträge zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Mit diesem langjährigen Arbeitsschwerpunkt hat Jürgen Mayer nicht nur die Biologie, sondern auch die Naturwissenschaftsdidaktik wesentlich mitgeprägt und zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn beigetragen. Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ist dabei Untersuchungsmethode und Untersuchungsgegenstand zugleich und soll hier daher als Metapher dienen, einen näheren Blick auf die Arbeiten von Jürgen Mayer zu werfen.

Am Anfang des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisweges steht zunächst ein Phänomen – oder ein Problem, was aber im Fall von Jürgen Mayer keineswegs zutrifft. Also beschränken wir uns hier auf das Phänomen des renommierten und erfahrenen Wissenschaftlers und Hochschullehrers. Dieses komplexe Phänomen wirft – folgt man dem Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – die eine oder andere Frage auf. Eine naheliegende Frage könnte sein, wie es überhaupt dazu gekommen ist, dass Jürgen Mayer zu dem erfolgreichen Wissenschaftler wurde, der er heute ist. Dieser Frage wird bereits im Gesamtdiskurs dieses Buches nachgegangen und braucht daher hier nicht weiter beantwortet zu werden. An dieser Stelle soll die Frage vielmehr lauten: Wodurch zeichnet sich dieser renommierte und erfahrene Wissenschaftler und Hochschullehrer eigentlich aus? Hierzu lässt sich, wenn auch nicht auf Basis eines theoretischen Modells, so doch zumindest auf Grundlage einschlägiger Literatur, wie Berufsordnungen und Evaluationskriterien, eine mehrteilige Hypothese formulieren: Eine wissenschaftlich und in der Hochschullehre tätige Person (a) schreibt Publikationen, die auch gelesen und zitiert werden, (b) arbeitet mit anderen zusammen, (c) fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs, (d) ist in der akademischen Lehre tätig und (e) engagiert sich für die *Scientific Community*.

Diese Hypothesen gilt es nun zu überprüfen, indem sie in einem Untersuchungsdesign operationalisiert werden. An dieser Stelle scheint sich insbesondere die Erkenntnismethode des Beobachtens anzubieten. Betrachten wir also zunächst gemäß Hypothese (a) im Rahmen einer Dokumentenanalyse die Publikationen von Jürgen Mayer. Diese erstrecken sich über verschiedene Bereiche der Biologiedidaktik, von den Naturerfahrungen und der Umweltbildung über die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung bis zur Professionalisierung von Lehrpersonen und zum Bildungsmonitoring. Und sie werden breit

rezipiert. So seien hier exemplarisch die theoretischen Konzeptionen und empirischen Untersuchungen zur Erkenntnisgewinnung genannt. Diese haben sowohl in der Biologiedidaktik als auch in den Naturwissenschaften allgemein wichtige Beiträge zum wissenschaftlichen Diskurs und zur Weiterentwicklung der Konstrukte geleistet. Darüber hinaus haben sie über die Evaluation der Bildungsstandards, *Biologie im Kontext* und vielfältige unterrichtspraktische Beiträge Eingang in die Schulpraxis gefunden. Bei der Betrachtung der Publikationen (Prüfung von Hypothese (a)) fällt auf, dass sie ein breites Spektrum an methodischen Herangehensweisen dokumentieren. Diese reichen von systematischen Befragungen nach der *Delphi-Methode* bis zu Modellprüfungen von Kompetenzstrukturen mit Werkzeugen der *Item-Response-Theory*. Unabhängig von den eingesetzten Methoden fallen in den Publikationen insbesondere zwei Charakteristika auf: Sie sind stark theoriegeleitet und – im wahrsten Sinne des Wortes – durchdacht. Die theoretische Fundierung bezieht dabei nicht nur naturwissenschaftsdidaktische und biologiebezogene Konzepte mit ein, sondern ebenso (kognitions-)psychologische, philosophische und pädagogische. Insofern kann man hier wohl von einem breiten und systematisch geordneten theoretischen Fundament sprechen.

Auch die Zusammenarbeit mit anderen (Überprüfung von Hypothese (b)) lässt sich in unserem Untersuchungsfall durch eine Dokumentenanalyse und auch durch die Befragung von betroffenen Personen nachweisen. So finden sich Belege für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit beispielsweise ebenfalls im Kontext der Evaluation der Bildungsstandards und auch bezüglich der wissenschaftlich fundierten Weiterentwicklung der Lehrpersonenausbildung im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Die befragten Personen berichten darüber hinaus von der vertrauensvollen Atmosphäre und der hoch differenzierten Perspektive, mit der Jürgen Mayer Fragestellungen und Diskussionen gewissermaßen „wie auf einer Landkarte“ im Forschungsfeld einordnet und verschiedene Standpunkte abwägt.

Für die Überprüfung der dritten Hypothese (c) bezüglich der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses könnten die betreuten Promotionen messtechnisch operationalisiert und entsprechend quantifiziert werden. An dieser Stelle soll aber ein Beleg herangezogen werden, der über die eigene Arbeitsgruppe hinausgeht, nämlich die FDdB-IPN-Nachwuchsakademie, in der Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus der Biologiedidaktik bei ihrem ersten DFG-Projektantrag unterstützt werden. Hier hat Jürgen Mayer sich in der Leitung und als Mentor engagiert. Und auch hier finden sich bei den Beteiligten erneut Belege für seine durchdachte und differenzierte Perspektive, die es auch Novizen leicht macht, einen Überblick zu gewinnen und kritisch zu reflektieren, denn er „nimmt einen [dabei] mit“.

Schließlich bleibt noch die vorletzte Hypothese (d) nach der akademischen Lehre zu prüfen. Die Tätigkeit in der akademischen Lehre lässt sich leicht anhand von offiziellen Dokumenten wie Vorlesungsverzeichnissen verschiedener Hochschulstandorte dokumentieren. Darüber hinaus liegen auch glaubwürdige Augenzeugenberichte vor, die nicht nur die reine Lehrtätigkeit bestätigen, sondern auch das hohe Engagement, die Innovation und die Zugewandtheit den Studierenden gegenüber. Auch in den letzten Jahren seiner Tätigkeit ist ihm die Qualität der Lehre und die solide und differenzierte Bildung zukünftiger Lehrpersonen ein wichtiges Anliegen.

Zur Prüfung der letzten Hypothese (e) zum Engagement für die *Scientific Community* liegt uns ebenfalls glaubwürdige (und mehrfache) Evidenz in Form des Dankes des ehemaligen und derzeitigen Vorsitzenden der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) vor. Denn Jürgen Mayer und seine Arbeitsgruppe organisierten 2009 die FDdB-Frühjahrsschule und richteten 2013 in Kassel die 19. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie mit dem Titel „Theorie, Empirie & Praxis“ aus. Darüber hinaus engagierte sich Jürgen Mayer langjährig im Vorstand der FDdB. So bereicherte er die Weiterentwicklung der FDdB als wissenschaftliche Fachgesellschaft durch Beiträge, Rat schläge und sein Engagement.

Auf die Datengewinnung folgt regelmäßig deren Analyse und Interpretation unter Rückbindung zu den Hypothesen. Ebendiese lassen sich in unserem Fall anhand verschiedener Indikatoren bestätigen. Mit Bezug auf die Forschungsfrage lässt sich also festhalten, dass sich dieser renommierte und erfahrene Wissenschaftler und Hochschullehrer nicht nur durch seine rege Lehr-, Publikations- und Forschungstätigkeit in verschiedenen Verbänden auszeichnet und für den akademischen Nachwuchs einsetzt. Er wird darüber hinaus insbesondere für seine theoretisch fundierten, durchdachten und differenzierten Einschätzungen auch zu komplexen Themen respektiert. Und dies geschieht, so die derzeitige Befundlage, in einer wertschätzenden und vertrauensvollen Weise.

Die Bestätigung aller fünf Hypothesen – sofern wissenschaftstheoretisch überhaupt abschließend möglich – mag auch daran liegen, dass die Autoren dieser Einleitung sehr wahrscheinlich hier selbst dem häufig anzutreffenden *Confirmation Bias* unterworfen sind, zumindest bei Hypothese (e). Auch wird den meisten Lesenden sicherlich bereits aufgefallen sein, dass die hier vorgenommene Untersuchung in ihrer strikt wissenschaftlichen Aussagekraft unter anderem aufgrund des Einzelfalls, der begrenzten Datengrundlage und der subjektiven Auswahl der Belege doch wohl eher eingeschränkt sein könnte. In soweit möchten wir unsere Ausführungen vielmehr als Würdigung und großen Dank an einen sehr geschätzten, integren Kollegen verstanden wissen, die wir hier metaphorisch in das scheinbare Gewand einer wissenschaftlichen

Untersuchung gekleidet haben. Denn am Ende steht unsere unzweifelhafte – und vermutlich ziemlich unwissenschaftliche – Erkenntnis, dass Jürgen Mayer ein großer Gewinn ist – nicht nur für die Naturwissenschaftsdidaktik, sondern gerade auch für die Menschen, die mit ihm arbeiten und von ihm lernen.

**Von der Umweltbildung zur Bildung
für nachhaltige Entwicklung**

Armin Lude

Naturerfahrungen und der Einsatz von Medien zur Naturerkundung

Jürgen Mayer habe ich am IPN (Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik) in Kiel kennengelernt. Dort hatte ich meine erste Arbeitsstelle gefunden und war in einem EU-Projekt zum Einsatz von Satellitenbildern im Biologieunterricht tätig. Jürgen Mayer war mir auf der Suche nach einem Promotionsthema behilflich. Als Biologe mit Hauptfach Naturschutz faszinierte mich besonders seine Delphi-Studie zur Formenkenntnis. Hierin war ein Ansatz zur Systematisierung von Naturerfahrungen beschrieben. Jürgen Mayers Vorschlag der erkundenden Naturerfahrung beispielsweise zielt auf Arten- und Formenkenntnis. Artenkenntnis ist in der heutigen Diskussion um den Verlust und Schutz biologischer Vielfalt DAS Thema – vgl. planetarische Grenzen von Rockström et al. (2009) und Vereinbarungen zum Schutz der Biologischen Vielfalt (www.cbd.int). Mit seiner Systematisierung legte Jürgen Mayer die Grundlage für eine Vielfalt von Forschungsarbeiten zu Naturerfahrungen. Sein Ansatz wurde in einer Promotion im Rahmen eines DFG-Projektes von Susanne Bögeholz systematisch untersucht (Bögeholz, 1999). Darauf aufbauend entwickelte ich ein Konzept für eine eigene Studie, in der ein Bezug zu Einstellungen zum Naturschutz geschaffen wurde (Lude, 2001). Jürgen Mayer unterstützte mich bei dem Entscheidungs- und Entwicklungsprozess. Hierfür auch an dieser Stelle besten Dank!

1 Einleitung

Homo sapiens hat – aus evolutionärer Perspektive betrachtet – die längste Zeit seiner Existenz in der Natur verbracht. Landschaften waren für das Überleben wichtig – sie stillten grundlegende Bedürfnisse des Menschen nach Wasser, Nahrung, Schutz, aber auch Bedürfnisse auf kognitiver Ebene wie Verstehen, Neugier und Entdecken. Als Erbe einer stammesgeschichtlich gewachsenen Bevorzugung des Lebensraums Savanne früher Hominiden werden kulturunabhängig Savannen als ideale Landschaften bevorzugt (Orians, 1980; Appleton, 1975). Nach der Biophilia-Hypothese ist eine Zuwendung gegenüber Elementen der belebten Natur angeboren (Wilson, 1984, 1993). Weitere Theorien aus der Stress-Erholung unterstreichen die heutige Bedeutung von Natur, wie die SRT – *Stress Recovery Theory* (Ulrich, 1983; Ulrich et al., 1991) und die ART – *Attention Restoration Theory* (Kaplan & Kaplan, 1989; Kaplan, 1995). Natur eignet sich besonders für die Erholung von mentaler Ermüdung durch willkürliche Aufmerksamkeit, weil sie aus sich heraus eine mühelose (*effort-*

less) Aufmerksamkeit erregt. Die Erfahrungen in und mit der Natur sind oft Selbsterfahrungen, da Naturphänomene Anlässe sind, sich auf sich selbst zu beziehen. Der Mensch ist als *animal symbolicum* (Cassirer, 1969) auf der Suche nach symbolischen Weltzugängen, die es ihm ermöglichen, sein Leben als sinnvoll zu interpretieren (Gebhard, 2005). Natur und Landschaft sind ein Symbolisierungsanlass und ein Vorrat von Metaphern. Auf diese Weise kommen innere und äußere Natur sowie innere und äußere Landschaften zusammen (Gebhard, 2016).

Der Mensch ist beides, Naturwesen sowie Kultur- und Geisteswesen. Naturferne Großstädte bewirken ein Leben ohne Naturkontakte. Gerade bei der jüngeren Generation zeichnen sich eine Entfernung und Entfremdung von der Natur ab (u. a. Brämer, Koll & Schild, 2016). Die Kindheit ist zunehmend „verhäuslicht“ und der Radius, in dem sich Kinder um ihr Zuhause frei bewegen (dürfen), nimmt ab. Primäre Naturerlebnisse sind für Kinder und Jugendliche jedoch wichtig, nicht nur weil der Aufenthalt in der Natur eine biologiedidaktisch bedeutsame, originale Begegnung mit Arten und Lebensräumen ermöglicht, sondern auch aufgrund positiver Effekte auf die physische, soziale und mentale Entwicklung (zusammenfassend Gebhard, 2013; Raith & Lude, 2014; Renz-Polster & Hüther, 2016; Lude, 2017a). Um bei Kindern und Jugendlichen diesbezüglich anzusetzen, erscheint die Schule als ein passender Ort, da hier prinzipiell alle erreicht werden können. Es stellt sich u. a. die Frage, ob Schule dies leisten kann und welche Ansätze geeignet sind. Nachfolgend werden daher Studien vorgestellt, mit denen die Naturerfahrungen der Jugendlichen untersucht wurden. Dabei werden zuerst die verschiedenen Zugänge definiert und unterschieden. Empirische Untersuchungen zeigen, wie groß der Anteil an Naturerfahrungen in der Schule ist. Im letzten Kapitel wird geschildert, wie neue Medien genutzt werden können, um Naturerfahrungen zu ermöglichen.

2 Naturerfahrungen

2.1 Was sind Naturerfahrungen?

Bei der Definition von Naturerfahrung spielt das Verständnis des Naturbegriffs eine bedeutsame Rolle. Natur stammt von *lat. natura*, was „das Geborene, Gewordene“ bedeutet. Es kann somit als etwas verstanden werden, das selbstständig entsteht und existiert. Aufgrund der schweren Greifbarkeit des Begriffes nähern sich ihm viele Autorinnen und Autoren durch eine Abgrenzung zu anderen Begrifflichkeiten. Beispielweise stellt Böhme (1992) Gegensatzpaare auf, wie *Natur* und *Technik*, *ursprünglich* und *zivilisiert*, *außen* und *innen*. Insgesamt

samt laufen diese Ansätze auf eine Gegenüberstellung von Kultur (sowie dem Menschen) und Natur hinaus. Der Mensch ist aber ebenfalls Teil der Natur – und die Naturerfahrung kann für die Wahrnehmung dieser Zusammengehörigkeit bedeutsam sein. Mayer und Bayrhuber (1994, S. 4) und Bögeholz (1999, S. 21) nähern sich dem Begriff Naturerfahrung über Handlungen und definieren ihn als einen „spezifischen Auseinandersetzungsprozess des Menschen mit seiner belebten Umwelt“. Kennzeichen sind „unmittelbare, multisensorische, affektive und vorwissenschaftliche Lernerfahrungen“ (ebd.). Nach Münkemüller und Homburg (2005, S. 52) ist Naturerfahrung ein „Verhalten, das in einer direkten und für den Akteur wahrnehmbaren Beziehung zur natürlichen Umwelt steht (z. B. über Sinneserfahrungen)“. John Dewey (1916) bringt noch eine weitere Qualität hinzu: Erst ein Erlebnis, das zum Gegenstand von Reflexion gemacht wurde, wird zu einer wirklichen, die Person berührenden Erfahrung. Combe und Gebhard (2012) bauen mit ihrem Ansatz des Erfahrungslernens auf diesem Gedanken auf.

Der Begriff Naturerfahrung (wie die Begriffe Naturkontakte, Naturbegegnung und Naturerleben) werden von verschiedenen Autorinnen und Autoren unterschiedlich streng definiert. Oft wird dabei gar nicht differenziert und die Naturerfahrung als eine Art Klammer um die anderen Begriffe aufgefasst. Denn ein Versuch, diese Begriffe in Test-Items für quantitative Forschungen mit Fragebögen getrennt zu fassen (zu operationalisieren) und empirisch zu prüfen, erscheint nahezu unmöglich (Können beispielsweise Sonnenuntergänge ‚nur‘ betrachtet werden, ohne dass die Person teilnimmt und Erfahrungen macht?). Dennoch gibt es Autoren wie Raith (2017), die streng zwischen Naturkontakten und Naturerfahrungen unterscheiden und für Forschungen die Methode der Beobachtung bzw. des Interviews nutzen. Schülerinnen und Schüler, die sich in naturnahen Bereichen auf Schulhöfen aufhalten und mit Naturgegenständen interagieren, haben nur Naturkontakte. Erst Interviews konnten zeigen, dass ihre Aufenthalte mit etwas Neuem verbunden waren (Irritationen), sie emotional berührten und zu Reflexionen und Versprachlichungen führten (vgl. Phasen des Erfahrungslernens nach Combe & Gebhard, 2012).

2.2 Wie häufig sind Naturerfahrungen?

Die verschiedenen Arten der Naturerfahrungen wurden in Anlehnung an Bögeholz (1999), Bögeholz und Mayer (1998), Mayer und Bögeholz (1997), Mayer (1994, 1996) und Mayer und Horn (1993) als Dimensionen bezeichnet. Diese Autorinnen und Autoren beschreiben fünf Dimensionen, die sie als

biologiedidaktisch relevant ansehen. Durch weitere sieben Dimensionen lassen sich die Naturerfahrungen auch außerhalb von schulischen Kontexten beschreiben (Lude, 2001, 2005, 2006). Die Dimensionen der Naturerfahrungen sind: Erfahrung der Schönheit der Natur (ästhetische Erfahrungen), Natur nutzen (instrumentelle ~), Pflegen einer besonderen Beziehung zu einem Tier (soziale ~), Natur erforschen (erkundende ~), Schützen von Arten und Biotopen (naturschutzbezogene ~), Erholung in der Natur (erholungsbezogene ~), indirekte Naturwahrnehmung mit Medien wie Naturfilme (mediale ~), Erwerb oder Verzehr von umweltbewusst produzierter Nahrung (ernährungsbezogene ~), Herausforderungen an die eigene Geschicklichkeit in der Natur (abenteuerliche ~), draußen die Nacht erleben (nachtbezogene ~), Meditieren und Kräfte der Natur in sich aufnehmen (spirituelle ~), Zerstören oder Quälen von Leben (destruktive ~).

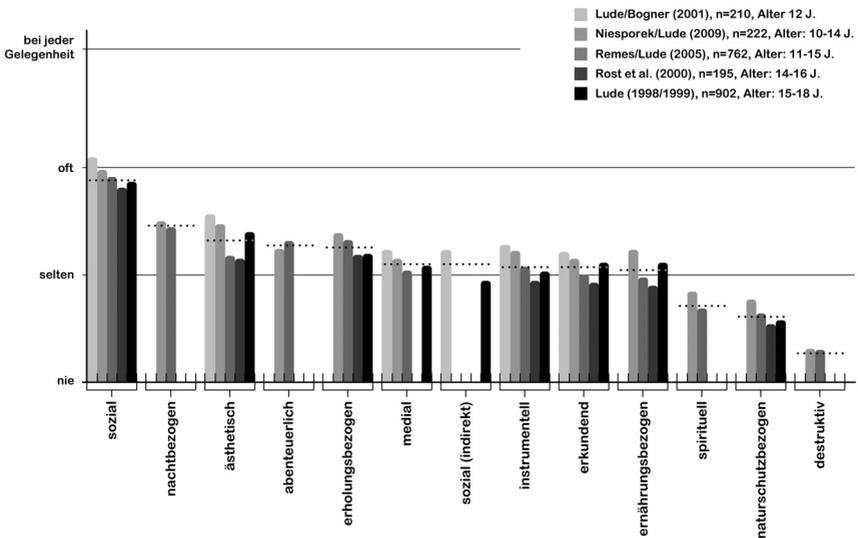


Abbildung 1: Häufigkeiten von Naturerfahrungen Jugendlicher (mit Mittelwerten über mehrere Studien; nach Lude, 2017b). Jede der Naturerfahrungsdimensionen wurde durch drei Items erfasst.

Die Häufigkeit der Naturerfahrungen ist in den verschiedenen Dimensionen unterschiedlich (Lude, 2001, 2005; Abb. 1). Am häufigsten sind Naturerfahrungen mit Haustieren (soziale Naturerfahrungen). Am unteren Ende der Häufigkeitsskala liegen destruktive Naturerfahrungen (Lebendiges zerstören, quälen etc.) sowie spirituelle (Kräfte der Natur in sich aufnehmen) und naturschutzbezogene Naturerfahrungen (Tiere und Pflanzen schützen). Bemer-

kenswert ist, dass auch bei häufig gemachten Naturerfahrungen dennoch ein Wunsch nach mehr davon geäußert wurde. Werden die Werte gegeneinander aufgetragen, so zeigt sich, dass es für Naturerfahrungen keine Sättigung zu geben scheint (Lude, 2001). Regressionsanalysen zeigten, dass bei (fast) allen Dimensionen am bedeutendsten ist, ob die Naturerfahrung privat gemacht wurde. Andere Variablen hatten deutlich schwächere Einflüsse. Lediglich bei der ästhetischen Naturerfahrung hat die Variable „Privat“ den gleichen (schwachen) Einfluss wie das Geschlecht. Sowohl mit zunehmendem Alter als auch Größe der Wohnorte verringerte sich die Häufigkeit der Naturerfahrungen (Lude, 2006).

2.3 Wo werden Naturerfahrungen gemacht?

Wie oben dargestellt, werden die meisten Naturerfahrungen außerhalb der Schule gemacht. Naturnah gestaltete Schulhöfe bieten jedoch eine zusätzliche Möglichkeit, in der Schule Natur erfahrbar zu machen (neben einer explizit pädagogischen Vermittlung innerhalb des Biologieunterrichts). Hierzu gibt es bisher nur wenige Untersuchungen. Andreas Raith (2017) hat dazu mit mehreren Personen Beobachtungen der Schülerinnen und Schüler vorgenommen. Auf naturnahen Schulhöfen, auf denen sich alle Altersstufen von Klasse 1 bis 10 gemischt aufhalten, sind es die jüngeren Kinder, die die Grünbereiche besetzen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Erst- oder Zweitklässler in einem Naturbereich aufhält, ist 9-mal größer, als das bei Neunt- und Zehntklässlern der Fall ist. Noch größer ist der Unterschied, wenn es darum geht, direkt mit einem Naturobjekt umzugehen. Dann ist die Wahrscheinlichkeit bei einem Erst- oder Zweitklässler sogar 44-mal höher. Grundschulkindern haben also deutlich mehr Naturkontakte auf solchen Schulhöfen als Schülerinnen und Schüler aus der Sekundarstufe. Die jüngeren Kinder nutzen die Naturbereiche, um sich dort zu bewegen und um mit Freunden zu spielen. Entsprechend werden sie von Naturbereichen angezogen, die ihnen genau dies ermöglichen. Durch Interviews wurde deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler ebenfalls Erfahrungen im eingangs definierten Sinn von Dewey (1916) machen: Es wurde Neues entdeckt, sie waren emotional eingebunden und reflektierten die Erfahrungen (vgl. Combe & Gebhard, 2012). Selbst die beim Spielen gemachten Naturerfahrungen wurden bewusst wahrgenommen.

Vor allem an Grundschulen sind grüne Schulhöfe damit sehr gut geeignet, informell Naturerfahrungen zu schaffen, die keinerlei weiterer pädagogischer Maßnahmen bedürfen.

2.4 Gestaltung von Naturerfahrungen durch Geogames

Naturerfahrung und Spielen mit modernen Medien scheinen Gegensätze zu sein. Es ist eine Herausforderung, hier mit pädagogisch motivierten Ansätzen Naturerfahrung zu gestalten. Dafür bieten sich insbesondere Geogames an. Dies sind ortsbezogene digitale Spiele, bei denen die Bewegung im Raum ein Teil des Spiels ist (Ahlqvist & Schlieder, 2018; Schlieder, 2014). Mit mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets navigieren die Spielerinnen und Spieler zu bestimmten Orten. An diesen sind Informationen und Aufgaben bereitgestellt, die beim Erreichen des Ortes auf dem Display erscheinen. Damit verbinden Geogames forschendes Lernen, Bewegung und Spielen. Die Ziele bei der Gestaltung und Nutzung von Geogames variieren wie das Konzept selbst. Sie bieten eine Bandbreite von reiner Unterhaltung in Freizeitaktivitäten bis hin zu elaborierten Lernumgebungen zu unterschiedlichen Themen. Außerdem lassen sich exkursionsdidaktische Grundmuster übertragen und über kognitivistische bis hin zu konstruktivistischen Orientierungen unterschiedliche Grade an Selbstbestimmung erzeugen (vgl. Hiller, Lude & Schuler, 2019).

Der Einsatz von mobilen Endgeräten ist kein Selbstzweck, obwohl Forschungen darauf hinweisen, dass der bloße Einsatz von elektronischen Endgeräten – mehr als klassische Vermittlungsmethoden – das Interesse der Lernenden und ihre Motivation, sich mit Bildungsinhalten auseinanderzusetzen, steigert (u. a. Crawford, Holder & O'Connor, 2017; Ruchter, Klar & Geiger, 2010; Michel et al., 2013; Lai et al., 2007). Für Bildungskontexte sollte der Geräteeinsatz reflektiert werden und begründet stattfinden. Hierfür eignen sich Didaktische Drehbücher (vgl. Lude et al., 2013; www.qualimobil.de; Hiller, Lude & Schuler, 2019) und das SAMR-Modell (Puentedura, 2006; Wilke, 2016), die die Rolle der Medien im Lernprozess kennzeichnen. SAMR steht für Substitution/Ersetzung (z. B. ein ursprünglich gedruckt vorgelegter Aufgabentext kann stattdessen digital gelesen werden), Augmentation/Erweiterung (Aufgabentext kann bspw. zusätzlich angehört werden), Modification/Änderung (z. B. Bereitstellen von Filmen, Animationen) und die Redefinition/Neubelegung (z. B. Schaffen von neuen Lernmöglichkeiten, die nur digital möglich sind, wie Simulationen). Im Modell werden somit in vier Stufen analoge Medien mit digitalen verglichen. Die unterste Stufe ist ein einfacher Ersatz ohne jeglichen Mehrwert, die oberste hingegen ist gekennzeichnet durch neuartige Aufgaben, die ohne die Geräte nicht möglich sind. Beispiele von Anwendungen für mobile Endgeräte, die in der obersten Stufe des Modells gestaltet worden sind, sind eine Erkundung und Bewirtschaftung einer Streuobstwiese, in die eine Simulation integriert ist (vgl. Schaal, 2017; Schaal, Schaal & Lude,

2018; Lude, 2019) oder Erkundungsgänge im Freiland mit weiterführenden Informationen durch augmented reality (vgl. Kamarainen et al., 2018). Daher ist eine Forschung mit einer Kontrollgruppe, die inhaltsgleich agiert, per se nicht möglich (da ja originär digitale Möglichkeiten eingesetzt werden). Hier dienen Design-based-Research-Ansätze (DBRC, 2003) als Entwicklungs- und Forschungsrahmen.

Sonja Schaal hat ein Geogame mit einer Simulation zum Streuobstbau untersucht (Schaal, 2017; Schaal et al., 2018; Schaal, Schaal & Lude, 2015, 2018; Lude et al., 2020). Mit einer Rahmengeschichte werden die Spielerinnen und Spieler aufgefordert, einer Spielfigur zu helfen, eine Streuobstwiese zu bewirtschaften. Mit dem Smartphone navigieren die Spielenden selbstständig zu bestimmten Orten, an denen sie mit dem Gerät Aufgaben ‚auffangen‘. Alle Aufgaben sind ortsbezogen – d. h., sie beziehen sich auf die Besonderheiten des Ortes und können nur dort gelöst werden (z. B. Pflanzabstände zwischen Obstbäumen ermitteln). Nach jeder Aufgabe wird der Zugriff auf eine Simulation ermöglicht, in der Pflanzabstand und Obstsorte verändert werden können. Beides hat Auswirkungen auf den monetären Ertrag aber auch auf die biologische Vielfalt. Spielziel ist, am Ende beides zu maximieren. Die Evaluation ergab, dass der Wechsel von Smartphone und Naturerforschung als sehr positiv wahrgenommen wurde. Durch das Spiel konnte Wissen über die biologische Vielfalt erworben und die Verbundenheit mit der Natur gesteigert werden. Der Zuwachs des Wissens war dabei unabhängig von der empfundenen Spielfreude. Diese hatte jedoch einen Einfluss auf die Steigerung der Naturverbundenheit. Naturverbundenheit ist wiederum eng verbunden mit der Absicht der Spielerinnen und Spieler, sich für den Schutz der biologischen Vielfalt einzusetzen.

Neben dem Bildungswert des Spielens von Geogames rückt das Lernen bei der Gestaltung von ortsbezogenen Spielen immer mehr in den Fokus der Forschung. Dies ermöglicht eine höhere Einbeziehung und Autonomie der Beteiligten (vgl. Schaal & Lude, 2015). Vor einigen Jahren waren für die Entwicklung von ortsbezogenen Spielen in der Natur noch mehr Techniker als Spielende unterwegs. Vor wenigen Jahren musste ein mobiles Informations- und Bildungssystem noch eigens programmiert und dadurch teuer bezahlt werden. Heute ermöglichen Autorenwerkzeuge, wie zum Beispiel Actionbound, auch für Schülerinnen und Schüler eine leichte Konzeption eigener Rallyes (Beispiele siehe Hiller, Lude & Schuler, 2019; Schuler, Hiller & Lude, 2019; Lude, 2018; Lude, Hiller & Schuler, 2020).

3 Ausblick

Naturerfahrungen sind also vielfältig. Studien zeigten auch ihre vielfältige Bedeutung, die sie für die mentale, soziale und physische Entwicklung haben (zusammenfassend: Gebhard, 2013; Raith & Lude, 2014; Lude, 2017a). In Japan wurde die Gesundheitswirkung von Natur schon früh erkannt und seit den 1980er Jahren explizit zur Genesung genutzt. Dieser als Waldtherapie oder Waldbaden (japan. *shinrin yoku*) bezeichnete Ansatz verbreitet sich zunehmend bei uns (vgl. Bücher sowie kommerzielle Angebote unter diesem Titel – mit ganz unterschiedlichem wissenschaftlichem Anspruch). Forschungen gibt es v.a. von der Arbeitsgruppe um Qing Li an der Nippon Medical School in Tokio; in den letzten Jahren aber ebenfalls aus den USA, Korea, England, Skandinavien und Australien (Schuh & Immich, 2019). Diskutiert werden primär wirkende Effekte auf die Gesundheit. Eingeatmete sekundäre Pflanzenstoffe (Phytonzide) steigern die Aktivität der Killerzellen, die wiederum Stresshormone reduzieren. Hinzu kommen sekundär wirkende Effekte für die Gesundheitswirkung wie die geringere Lärmbelastung, schadstoffarme und kühlere, feuchtere Luft im Wald. Die Studien haben unterschiedliche wissenschaftliche Qualität – aufgrund des Forschungsaufwandes wurden sie oft nur mit kleinen Fallzahlen oder ohne Kontrollgruppe durchgeführt (Schuh & Immich, 2019).

Eine Herausforderung für die Biologiedidaktik ist es, sich hier einzubringen. Aktivitäten zum Naturerleben, wie beispielsweise die Aktivität *Meet a Tree* (dt. Baum fühlen/Baumfreund) von Joseph Cornell (2006), werden schon lange in der Umweltbildung praktiziert. Bäume umarmen und Beziehungen schaffen scheint auch in *shinrin yoku* ‚entdeckt‘ worden zu sein. Diese aufkommende Welle könnte genutzt und dabei der reiche Erfahrungsschatz der Umweltbildung eingebracht werden. Der Strömung eines Wiederentdeckens des ‚Draußenseins‘ tritt eine immer perfektere technische Darstellung virtueller Realitäten entgegen. Studien konnten zeigen, dass virtuelle Natur (und selbst Fototapeten von Landschaften) eine (gewisse) Wirkung auf uns haben – nicht nur die direkte Erfahrung von Natur (u. a. Kweon et al., 2008; Valtchanov et al., 2010). Natur und Kultur lassen sich nicht nur – wie eingangs skizziert – als Gegensätze darstellen. Sie können ebenso als Kontinuum, als *common worlds*, aufgefasst werden (z. B. Taylor, 2013). Hiermit lässt sich argumentieren, dass es Übergänge geben darf, wie pädagogische Zugänge, bei denen beispielsweise Naturmaterialien in einen Raum geholt werden und drinnen damit gebastelt wird. Ebenso können Smartphones und Tablets genutzt werden, um Natur zu erkunden und zu entdecken. Eine Herausforderung ist es, die aktuellen Strömungen zu nutzen und die eigenen Erfahrungen und Methoden der Biodidaktik in den Unterricht einzubringen.

Literatur

- Ahlqvist, O. & Schlieder, C. (2018). Introducing geogames and geoplay: characterizing an emerging research field. In O. Ahlqvist & C. Schlieder (Hrsg.), *Geogames and Geoplay* (S. 1–18). Cham: Springer.
- Appleton, J. (1975). *The experience of landscape*. New York: J. Wiley & Sons.
- Bögeholz, S. (1999). *Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bögeholz, S. & Mayer, J. (1998). *Besitzen Naturerfahrungen Einfluß auf ökologisches Handeln?* Tagung der Sektion Fachdidaktik im VdBiol in Essen 1997. Kiel: IPN.
- Böhme, G. (1992). *Natürlich Natur: Über Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Brämer, R., Koll, H. & Schild, H.-J. (2016). *7. Jugendreport Natur. Natur Nebensache?* Universität Köln. Abgerufen am 15.12.2019 von: www.wanderforschung.de/NS/alltags-report-natur/jugendreport-natur-2016.html
- Cassirer, E. (1969). *Wesen und Wirkung des Symbolbegriffs*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Combe, A. & Gebhard, U. (2012). *Verstehen im Unterricht. Die Bedeutung von Phantasie und Erfahrung*. Wiesbaden: Springer-VS.
- Cornell, J. (2006). *Mit Cornell die Natur erleben: Naturerfahrungsspiele für Kinder und Jugendliche – der Sammelband*. Mühlheim: Verlag an der Ruhr.
- Crawford, M., Holder, M. & O'Connor, B. (2017). Using mobile technology to engage children with nature. *Environment and Behavior*, 49(9), 959–984. <https://doi.org/10.1177/0013916516673870>
- DBRC – Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Dewey, J. (1916/2000). *Demokratie und Erziehung*. Weinheim: Beltz.
- Gebhard, U. (2005). Naturverhältnis und Selbstverhältnis. *Scheidewege*, 35, 243–267.
- Gebhard, U. (2013). *Kind und Natur. Zur psychischen Bedeutung von Naturerfahrungen* (4. Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
- Gebhard, U. (2016). Natur und Landschaft als Symbolisierungsanlass. In U. Gebhard & T. Kistemann (Hrsg.), *Landschaft – Identität – Gesundheit. Zum Konzept der Therapeutischen Landschaften* (S. 151–168). Wiesbaden: Springer VS.
- Hiller, J., Lude, A. & Schuler, S. (2019). *Expedition Stadt. Didaktisches Handbuch zur Gestaltung von digitalen Rallyes und Lehrpfaden zur nachhaltigen Stadtentwicklung mit Umsetzungsbeispielen aus Ludwigsburg*. PH Ludwigsburg. Abgerufen am 24.02.2021 von: <https://phbl-opus.phlb.de/frontdoor/index/index/docId/620>
- Kamarainen, A., Reilly, J., Metcalf, S., Grotzer, T. & Dede, C. (2018). Using mobile location-based augmented reality to support outdoor learning in undergraduate ecology and environmental science courses. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 99(2), 259–276. <https://doi.org/10.1002/bes2.1396>
- Kaplan, R. & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Towards an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 169–182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kweon, B., Ulrich, R.S., Walker, V.D. & Tassinary, L.G. (2008). Anger and stress: The role of landscape posters in an office setting. *Environment and Behavior*, 40(3), 355–381. <https://doi.org/10.1177/0013916506298797>
- Lai, C.-H., Yang, J.-C., Chen, F.-C., Ho, C.-W & Chan, T.-W. (2007). Affordances of mobile technologies for experiential learning: the interplay of technology and pedagogical practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(4), 326–337. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00237.x>
- Lude, A. (2001). *Naturerfahrung und Naturschutzbewusstsein*. Innsbruck: Studienverlag.
- Lude, A. (2005). Naturerfahrung und Umwelthandeln: Neue Ergebnisse aus Untersuchungen mit Jugendlichen. In U. Unterbruner & Forum Umweltbildung (Hrsg.), *Natur erleben: Neues aus Forschung und Praxis der Naturerfahrung* (S. 65–84). Innsbruck: Studienverlag.
- Lude, A. (2006). Natur erfahren und für die Umwelt handeln – zur Wirkung von Umweltbildung. *NNA-Berichte*, 19(2), 18–33.
- Lude, A. (2017a). Abenteuerspielplatz Natur. *Spektrum / Gehirn & Geist, Sammelband Familie Spielend lernen*, 2, 38–44.
- Lude, A. (2017b). Die Natur wirkt auf Kinder. Die Wirkung von Naturerfahrung und -kontakten und digitale Möglichkeiten für Anreize zu direkter Naturerfahrung. *e&l erleben und lernen*, 3&4/17, 29–34.
- Lude, A. (2018). Mit Smartphone und Co in die Natur. Biologische Vielfalt erkunden durch ortsbezogene Spiele. *e&l erleben und lernen*, 3&4/18, 29–34.
- Lude, A. (2019). BioDiv2Go – Biodiversität erleben mit ortsbezogenen Spielen. *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik*, 20, 26 S. Abgerufen am 24.02.2021 von: www.medienpaed-ludwigsburg.de/heft-20-2019/
- Lude, A., Haas, A., Schaal, S. & Schlieder, C. (2020). *Biodiversität erleben mit ortsbezogenen Spielen – Biodiversität to go (BioDiv2Go) / Finde Vielfalt*. Ludwigsburg: PH Ludwigsburg. Abgerufen am 24.02.2021 von: <https://phbl-opus.phlb.de/frontdoor/index/index/docId/671>
- Lude, A., Hiller, J. & Schuler, S. (2020). Digitale (Stadt-)Rallyes gestalten mit Actionbound. In J.-R. Schluchter & T.-S. The (Hrsg.), *Tablets in der Hochschule – Hochschuldidaktische Perspektiven* (S. 121–136). Baltmannsweiler: Schneider.
- Lude, A., Schaal, S., Bullinger, M. & Bleck, S. (2013). *Mobiles, ortsbezogenes Lernen in der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der erfolgreiche Einsatz von Smartphone und Co. in Bildungsangeboten in der Natur*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Mayer, J. (1994). Biodiversität – ein biologisches Konzept und seine Bedeutung für den Biologieunterricht. In L. Jäkel, M. Schallies, J. Venter & U. Zimmermann (Hrsg.), *Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften, Band 2: Naturwissenschaften* (S. 161–169). Weinheim: Deutscher Studienverlag.

- Mayer, J. (1996). Biodiversitätsforschung als Zukunftsdisziplin. Ein Beitrag der Biologiedidaktik. *IDB Münster*, 5, 19–41.
- Mayer, J. & Bayrhuber, H. (1994). *Einfluß von Naturerfahrungen auf Umweltwissen und Umwelthandeln im Kindes- und Jugendalter*. Kiel: IPN.
- Mayer, J. & Bögeholz, S. (1997). *Einfluß von Naturerfahrungen auf Umweltwissen und Umwelthandeln im Kindes- und Jugendalter. DFG-Zwischenbericht*. Kiel: IPN.
- Mayer, J. & Horn, F. (1993). Formenkenntnis – wozu? *Unterricht Biologie*, 189, 4–13.
- Michel, U., Siegmund, A., Ehlers, M., Jahn, M. & Bittner A. (2013). *Digitale Medien in der Bildung für nachhaltige Entwicklung – Potentiale und Grenzen*. München: oekom.
- Münkemüller, T. & Homburg, A. (2005). Naturerfahrung: Beeinflussung durch Wertigkeit. *Umweltpsychologie*, 9(2), 50–67.
- Orians, G.H. (1980). Habitat selection. General theory and applications to human behavior. In J.S. Lockhead (Hrsg.), *The evolution of human social behavior* (S. 49–66). Chicago: Elsevier.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, technology, and education*. Abgerufen am 01.12.2019 von: hippasus.com/resources/tte/
- Raith, A. (2017). *Das Potential naturnah gestalteter Schulhöfe für informelle Naturerfahrungen*. Diss. PH Ludwigsburg. urn:nbn:de:bsz:lg1-opus4-5268
- Raith, A. & Lude, A. (2014). *Startkapital Natur – wie Naturerfahrung die kindliche Entwicklung fördert*. München: oekom.
- Renz-Polster, H. & Hüther, G. (2016). *Wie Kinder heute wachsen. Natur als Entwicklungsraum*. Weinheim: Beltz.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å. et al. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32. <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- Ruchter, M., Klar, B. & Geiger, W. (2010). Comparing the effects of mobile computers and traditional approaches in environmental education. *Computers & Education*, 54(4), 1054–1067. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.010>.
- Schaal, S. (2017). *Die Wertschätzung lokaler Biodiversität mit Geogames fördern – die Bedeutung von spielbezogenem Enjoyment im Spiel „FindeVielfalt Simulation“*. Diss. PH Ludwigsburg. urn:nbn:de:bsz:lg1-opus4-5231
- Schaal, S. & Lude, A. (2015). Using mobile devices in environmental education and education for sustainable development – comparing theory and practice in a nation wide survey. *Sustainability*, 7(8), 10153–10170. <https://doi.org/10.3390/su70810153>
- Schaal, S., Otto, S., Schaal, S. & Lude, A. (2018). Game-related enjoyment or personal pre-requisites – which is the crucial factor when using geogames to encourage adolescents to value local biodiversity. *International Journal of Science Education, Part B*, 8(3), 213–226. <https://doi.org/10.1080/21548455.2018.1441571>
- Schaal, S., Schaal, S. & Lude, A. (2015). Digital geogames to foster local biodiversity. *International Journal for Transformative Research*, 3(1), 16–29. <https://doi.org/10.1515/ijtr-2015-0009>

- Schaal, S., Schaal, S. & Lude, A. (2018). BioDiv2Go: does the location-based game „FindeVielfalt Simulation“ increase the valuing of local biodiversity among adolescent players? In N. Gericke & M. Grace (Hrsg.), *Challenges in Biology Education Research* (S. 315–332). Karlstad: University Printing Office.
- Schlieder, C. (2014). Geogames – Gestaltungsaufgaben und geoinformatische Lösungsansätze. *Informatik-Spektrum*, 37(6), 567–574. <https://doi.org/10.1007/s00287-014-0826-0>
- Schuh, A. & Immich, G. (2019). *Waldtherapie – das Potential des Waldes für Ihre Gesundheit*. Berlin: Springer.
- Schuler, S., Hiller, J. & Lude, A. (2019). Nachhaltige Mobilität und Stadtentwicklung mit Smartphones erkunden. *Praxis Geographie*, 6/19, 44–50.
- Taylor, A. (2013). *Reconfiguring the natures of childhood*. London, New York: Routledge.
- Ulrich, R.S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. In I. Altman & J.F. Wohlwill (Hrsg.), *Behavior and the natural environment* (S. 85–125). Boston: Springer.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E., Miles, M.A. & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- Valtchanov, D., Barton, K. & Ellard, C. (2010). Restorative effects of virtual nature settings. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 13, 503–512. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0308>
- Wilke, A. (2016). *Das SAMR Modell von Puentedura. Übersetzung der wichtigsten Begriffe ins Deutsche*. Abgerufen am 02.12.2019 von: homepages.uni-paderborn.de/wilke/blog/2016/01/06/SAMR-Puentedura-deutsch/
- Wilson, E.O. (1984). *Biophilia: The human bond with other species*. Cambridge/Mass.: Harvard Univ. Press.
- Wilson, E.O. (1993). Biophilia and the conservation ethic. In S.R. Kellert & E.O. Wilson (Hrsg.), *The Biophilia Hypothesis* (S. 31–41). Washington: Island Press.

Dittmar Graf & Gundula Zubke

„Natur erleben ist wertvoller als jedes Buch“¹ – zur Bedeutsamkeit von Biodiversität in der biologischen Bildung

Ich habe mit Jürgen Mayer etwa 2 Jahre zusammenarbeiten dürfen, von seiner Berufung an die Justus-Liebig-Universität Gießen 1999 bis zu meinem Weggang an die Universität Dortmund 2001. Jürgen hat sich immer durch seine besondere Fähigkeit zur tiefgründigen und systematischen Analyse biologiedidaktischer Problemstellungen ausgezeichnet. Ich habe dieses Durchdringen sehr genossen und viel davon profitiert (Dittmar Graf).

Zur Zeit von Jürgen Mayers Professur am Institut für Biologiedidaktik der JLU war ich seine wissenschaftliche Mitarbeiterin. Er betreute meine Doktorarbeit zum Thema „Lebensstile und Umwelthandeln bei Jugendlichen“ und gab mir in dieser Zeit viele wichtige Impulse für meine berufliche Tätigkeit in der Biologiedidaktik (Gundula Zubke).

1 Gefährdung der Biodiversität – ein Thema auch für den Biologieunterricht

Soweit man heute weiß, gab es im Verlauf der Erdgeschichte fünf globale Katastrophen, die zu einem Massenaussterben von Organismen geführt haben. Alle diese Ereignisse hatten ihre Ursachen in extraterrestrischen (Einschläge von Asteroiden) und/oder geologischen (Vulkanausbrüche, Erdbeben) Phänomenen. Das aktuelle – sechste – Massensterben dagegen wird durch das Agieren einer einzigen Tierart verursacht: *Homo sapiens*. Es ist das erste Mal in der gesamten Erdgeschichte, dass eine Spezies versucht, sich den gesamten Planeten untertan zu machen und zum eigenen Vorteil zu nutzen (Abb. 1). Das hat gravierende Konsequenzen: Die Aussterberate ist aktuell gegenüber der Zeit vor dem Auftreten des Menschen um den Faktor 1.000 erhöht, ein weiterer deutlicher Anstieg wird befürchtet und ist wahrscheinlich (Vos, Joppa, Gittleman, Stephens & Pimm, 2015, Diaz et al., 2019).

Schon für das Aussterben der eiszeitlichen Megafauna (Mammut, Wollnashorn, Mastodon) vor etwa 12.000 Jahren wird der Mensch zumindest mitverantwortlich gemacht. Schätzungen besagen, dass damals vielleicht 1–10 Mil-

1 Mayer, 2002, S. 15

lionen Menschen die gesamte Erde bevölkerten (United States Census Bureau, 2018). Seitdem hat die Zahl der Individuen dramatisch zugenommen und wächst noch immer exorbitant. Für das Jahr 2024 wird erwartet, dass die Zahl der Menschen die 8-Milliarden-Marke überschreiten wird. 1974, als viele Leserinnen und Leser dieses Beitrags schon geboren waren, lebten noch weniger als 4 Milliarden Menschen auf der Erde. Eine solche Massenvermehrung eines Großtieres, die zudem noch mit drastischen Umgestaltungen der Erdoberfläche² verbunden ist, bleibt natürlich nicht ohne Folgen für die Biosphäre und die anderen Organismenarten. Nach Schätzungen hat sich die Gesamtbio­masse der Pflanzen durch das Handeln des Menschen halbiert (Erb et al., 2017). Die Gesamtbio­masse der Menschen ist mittlerweile fast zehn mal so hoch wie die sämtlicher wildlebenden Säugetiere. Gegenüber der Zeit vor der Dominanz des Menschen ist die Bio­masse der wildlebenden Säugetiere um fünf Sechstel zurückgegangen. Vom Menschen ge­züchtetes und gehaltenes Vieh hingegen wiegt in seiner Gesamtheit noch einmal fast doppelt so viel wie sämtliche Menschen (Bar-On et al., 2018). Aktuell sind mehr als 20 % der Säugetierarten bedroht. Seit dem Jahr 1500 sind bereits 2 % ausgestorben. Für die anderen Organismengruppen sieht es zum Teil noch weit schlimmer aus. Besonders einschneidend hat sich in den letzten Jahren die Situation der Korallen verschlechtert (Diaz et al., 2019). Das sind dramatische Zahlen, die verdeutlichen, wie stark der Mensch die globalen Ökosysteme bis heute verändert und geschädigt hat.

Gleichzeitig nimmt die Naturferne der Menschen zu und damit sinkt – so steht zu befürchten – die Bereitschaft, sich für Naturbelange und Erhalt der Biodiversität einzusetzen (Abschnitt 2). Für den amerikanischen Bundesstaat Maine wurde errechnet, dass die Entfernung eines beliebigen Punktes auf einer Landkarte zum nächsten Wald zwischen 1992 und 2001 um 14 % zugenommen hat (Yang & Mountrakis, 2017). Gleichzeitig leben immer größere Teile der Bevölkerung naturfern in urbanen Umwelten. Schätzungen zufolge werden weltweit Mitte des 21. Jahrhunderts zwei Drittel aller Menschen Städte be­wohnen (Schilthuizen, 2018). Jugendliche im Alter zwischen 12 und 17 Jahren nutzen mittlerweile täglich im Schnitt 166 Minuten soziale Medien (FORSA, 2017) – selbstverständlich auch auf Kosten von Freilandaktivitäten.

All diesem gilt es im Biologieunterricht Rechnung zu tragen, damit Schülerinnen und Schüler bzgl. des aktuellen Verlusts an Biodiversität und möglicher Gegenmaßnahmen sensibilisiert werden und dies deutlich eindringlicher, als es in den letzten Jahren geschehen ist. Leider ist es so, dass das Themenfeld „Biodiversität und ihre Gefährdung“ durch Webfehler in den Bildungsstandards Biologie aus dem Fokus der Lehrplanentwicklung geraten ist (Graf, Wie-

2 In Deutschland waren 2016 fast 14 % der Gesamtfläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke umgestaltet (Statistisches Bundesamt, 2019).



Abbildung 1: Comicartige Zusammenfassung der globalen Probleme, die der Mensch zu verantworten hat (eigene Darstellung vom/von Autor/in)

der, Ziemek & Zubke, 2017; Abschnitt 3). Allerdings gibt es durchaus vielversprechende Ansätze, dieses Thema für den Biologieunterricht aufzubereiten. So hat z. B. Jürgen Mayer bereits in den 1990er Jahren interessante und wohl-durchdachte Unterrichtsvorschläge gemacht, die heute noch Aktualität besitzen (Abschnitt 4).

2 Biodiversität im Alltag der Lernenden – ein Thema auch für den Biologieunterricht

Biodiversität als Terminus kommt bis heute in der Alltagssprache kaum vor. So ist es nicht verwunderlich, dass Kinder und Jugendliche „Biodiversität“ in ihrer Vieldimensionalität nicht kennen, sondern mehrheitlich mit Artenvielfalt gleichsetzen (Menzel, 2007). Der Verlust von Biodiversität wird von den Lernenden zudem nicht so deutlich wahrgenommen wie andere Umweltveränderungen. Daher ist es den Lernenden nur eingeschränkt möglich, sich der immensen Bedeutung von Biodiversität bewusst zu werden und hieraus abzuleiten, wie wichtig es ist, Biodiversität global und umfassend zu schützen. Eine weitere Voraussetzung für den erfolgreichen Schutz der Biodiversität ist der Besitz einer grundlegenden Arten- bzw. Formenkenntnis. Nur wenn der Rückgang von Arten und Lebensräumen bemerkt wird, wird das zunächst abstrakte Konstrukt „Biodiversität“ auch im eigenen Umfeld nachvollziehbar. Aktuelle Untersuchungen belegen jedoch, dass Schülerinnen und Schüler über keine ausreichenden Formenkenntnisse verfügen (Gerl, Almer, Zahner & Neu-

haus, 2018). Im Vergleich mit früheren Untersuchungen (Sanders & Zubke, 2009) zeigt sich eine Stabilisierung auf niedrigem Niveau: von den einheimischen Vogelarten, die per Bild gezeigt wurden, konnten weniger als die Hälfte korrekt (zumindest auf Gattungsniveau) bestimmt werden. Ein interessantes Resultat solcher Studien ist, dass die Bekanntheit der Arten nicht mit ihrer Häufigkeit korreliert (am häufigsten wurden Amsel und Rotkehlchen korrekt benannt), so dass die Vermutung naheliegt, dass die Lernenden ihre Kenntnisse nicht aus eigenen Beobachtungen im Freiland beziehen, sondern in erster Linie aus den Medien. Welchen Beitrag rein medienvermittelte Erfahrungen dazu leisten können, Motivation zum Schutz von Arten zu entwickeln, ist bislang nicht hinreichend geklärt.

Die korrekte Einschätzung der Artenvielfalt gelang bei unterschiedlich artenreichen Wiesenstreifen vor allem denjenigen, die über gute Pflanzenkenntnisse verfügten. Unabhängig von der Artenkenntnis, dem Alter und dem Geschlecht wurden jene Wiesenstreifen von zufällig vorbeikommenden Spaziergängern umso positiver bewertet, je höher ihre Artenvielfalt war (Junge, 2004). Eine hohe Wertschätzung pflanzlicher Artenvielfalt lässt sich jedoch vermutlich nicht auf alle Spezies übertragen und dürfte z. B. in Bezug auf das Insektensterben (Sánchez-Bayoa & Wyckhuys, 2019) in der Bevölkerung – zumindest bei mangelnder Aufklärung zur vielfältigen Bedeutung von Insekten – durchaus geteilt sein. Auch hieraus ergeben sich für den Biologieunterricht wichtige Anknüpfungspunkte dafür, ökologische Zusammenhänge und deren Auswirkungen auf den Menschen nachvollziehbar zu machen und anhand heimischer Kontexte zu vermitteln.

3 Begründungen für die Vermittlung des Biodiversitätskonzepts im Biologieunterricht

Aus unserer Sicht ist der Themenkomplex „Biodiversität“ in den schulischen Bildungsgängen nicht hinreichend verankert (z. B. Graf et al., 2017). Eine Sichtung von 165 Lehrplänen der Fächer Biologie und Philosophie ergab, dass „Biodiversität“ lediglich in 15 Fällen erwähnt wurde, „Erhaltung der Biodiversität“ sogar nur ein einziges Mal (Böritz, 2018). Dies lässt nicht erwarten, dass schulische Bildungsprozesse entscheidend zum Schutz der Biodiversität beitragen werden. Dabei lassen sich Begründungen für eine verstärkte schulische Auseinandersetzung mit der Thematik leicht finden bzw. drängen sich auf:

1. Ethische Begründungen: Es ist ein Gebot der Gerechtigkeit, biologische Vielfalt zu schützen. Egal ob man anthropozentrisch (Generationengerechtigkeit: auch unsere nachfolgenden Generationen müssen die Natur so

nutzen können wie wir) oder physiozentrisch (Eigenrecht der Natur) argumentiert, ist das Resultat immer, dass Natur und Biodiversität zu schützen sind (Krebs, 1997). Schülerinnen und Schüler als zukünftige Entscheidungsträger sollten sich deswegen ausführlich mit Fragen des Schutzes der Biodiversität auseinandersetzen.

2. Biologische Vielfalt ist für den Menschen von Wert: Jürgen Mayer (1996) hat die Dimensionen der Wertschätzung biologischer Vielfalt systematisiert und hat fünf Kategorien gebildet, die sämtlich zur Begründung der Behandlung im Biologieunterricht herangezogen werden können: Ökonomie, Ökologie, Wissenschaft, Ästhetik, Rekreation.
3. Politische Vorgaben: Gemäß Art. 13a der Biodiversitätskonvention (United Nations, 1992), die 1992 auf dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro verabschiedet wurde, soll der Einbeziehung des Themas „Biodiversität“ in Bildungsprogramme als Voraussetzung für ihren Schutz eine zentrale Rolle zukommen.
4. Sachlogik: Wenn man die implizit hinter den Bildungsstandards stehenden Grundüberlegungen zu Ende denkt, kann man – wie wir – zu der Auffassung gelangen, dass „Biodiversität“ der Status eines Basiskonzepts zukommt (Argumentationsgang bei Graf et al., 2017). Auf der Grundlage der Basiskonzepte sollen Lernende bekanntlich Inhalte systematisieren und damit ein grundlegendes, vernetztes Wissen erwerben. Unseres Erachtens ergibt sich nur bei Einbeziehung von „Biodiversität“ ein schlüssiges Konstrukt, das die gesamte Biologie sinnvoll repräsentiert (Abb. 2). Daraus ergibt sich die deutliche Aufwertung des Themas im Biologieunterricht. Zur Konkretisierung dieses Ansatzes existiert auch ein Vorschlag zu Standards, die im Basiskonzept „Biodiversität“ erreicht werden sollten (Graf et al., 2017).

Die Einbeziehung des vierten Basiskonzepts „Biodiversität“ in die Bildungsstandards schließt direkt an einen Argumentationsgang Jürgen Mayers an, der bereits Anfang der 90er Jahre in einer Delphi-Studie feststellte, dass „die Vermittlung von Formenkenntnis als themenübergreifende Aufgabe des Biologieunterrichts angesehen werden [muss]“ (Mayer, 1992, S. 237). Ein Basiskonzept „Biodiversität“ würde dieser Forderung gerecht werden und könnte eine wichtige Voraussetzung zum Schutz von Biodiversität sein. Mayer leitet als Ziel von „biodiversity education“ hinsichtlich des Erhalts von Vielfalt ab, „Kinder und Jugendliche zu befähigen und zu motivieren, ihre Verantwortung im Bereich individuellen und gesellschaftlichen Umwelthandelns ... wahrzunehmen“ (Mayer, 1996, S. 31). Um es deutlich zum Ausdruck zu bringen: Ohne entsprechende curriculare Verankerung wird dieses Ziel illusorisch bleiben.

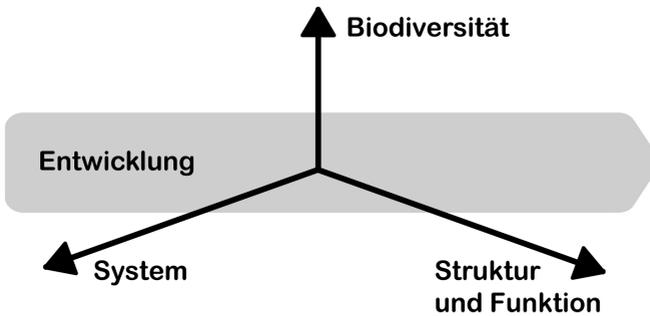


Abbildung 2: Basiskonzepte als vierdimensionales Koordinatensystem (mit „Entwicklung“ als Zeitdimension und den senkrecht zueinander stehenden „Raum“-Achsen „System“, „Struktur und Funktion“ und „Biodiversität“), die einem zukünftigen Biologieunterricht zugrunde liegen sollten (Graf et al., 2017, S. 12)

4 Wie kann „Biodiversität“ im Biologieunterricht vermittelt werden?

Eine umfassende Vorstellung vom Biodiversitätskonzept im Unterricht zu vermitteln, ist eine große Herausforderung. Lässt sich die Ebene der Artenvielfalt und ihre Bedeutung vergleichsweise einfach thematisieren, wird es bei der Lebensraumvielfalt und insbesondere der genetischen Vielfalt deutlich anspruchsvoller, Biologieunterricht kompetenzorientiert zu gestalten. Neben der fachlichen spielt bei der Auswahl von Themen und Methoden die ethische Komplexität des Themas „Biodiversität“ eine entscheidende Rolle. Aus den Ergebnissen der bisherigen empirischen Studien zum Thema „Biodiversität“ (s. o.) kann eine Reihe von Empfehlungen für schulische und außerschulische Bildungsprozesse abgeleitet werden:

1. Die Förderung von Formenkenntnis ist besonders erfolgreich, wenn Organismen direkt in der Natur beobachtet und bestimmt werden (u. a. Gerl et al., 2018). Neben den etablierten analogen Bestimmungshilfen bieten sich aktuell hierfür diverse Apps an: für Pflanzen z. B. *Flora Incognita*, für bestimmte Organismengruppen *ID-Logics* (Muscheln und Schnecken, Frühblüher, Hummeln) oder *Eikes Baumschule* bzw. Bestimmungshilfen auf KI-Basis, wie *Google Lens*, *Plantnet*, *Naturblick* oder *Plant-Snap*. Interessant ist auch die Möglichkeit, den Routen von Tierindividuen mit der App *Animal-Tracker* zu folgen.
2. Der Erwerb von Formenkenntnis sollte mit dem Erwerb wissenschaftsmethodischer Kenntnisse (Erfassungsmethoden, Monitoring etc.) kombiniert werden. Citizen-Science-Projekte, wie z. B. die „Stunde der Gartenvögel“,

- bieten Lernenden Gelegenheit, einen Beitrag zur Erfassung der (lokalen) Biodiversität zu leisten. Leider sind derartige Projekte gelegentlich kurzlebig, wie z. B. Evolution Megalab zur Vielfalt von Schnirkelschnecken.
3. Um die Gefährdung von Biodiversität nachvollziehen zu können, muss auch die zeitliche Dimension der Entwicklung von Biodiversität und der Einfluss des Menschen auf diese thematisiert werden, z. B. das „Gummibärchen-Modell“ zur Veranschaulichung ökologischer Indices und von Entwicklungen von Lebensgemeinschaften (Schulz & Sachs, 2011).
 4. Die Ebene der genetischen Vielfalt lässt sich am Thema „Agro-Biodiversität“ bearbeiten (z. B. BMU, 2017). Die Gefährdung bzw. das Verschwinden zahlreicher Nutzpflanzensorten und Nutztierassen zeigt in Verbindung mit dem Klimawandel sehr anschaulich die Problematik eines abnehmenden Genpools. Gerade hierin liegt ein großes Potential für Verbindungen zu anderen biologischen Themen (wie z. B. Evolution).
 5. Schulgartenprojekte bieten sich an, wenn Lernende Biodiversität auch sinnlich erfahren sollen (z. B. bei Bohnen- oder Tomatensorten). Darüber hinaus kann Schulgartenarbeit einen Beitrag zur Wertschätzung von Biodiversität leisten (Murr & Retzlaff-Fürst, 2015) und zur nachhaltigen Nutzung von Biodiversität anregen (Sommer & Mayer, 2001).

In letzter Konsequenz zielen Bildungsprozesse zur „Biodiversität“ darauf ab, Lernende auf der Grundlage fachlicher Kompetenzen zum sachgerechten Handeln für den Erhalt der Biodiversität zu motivieren und zu befähigen. Daher enden wir mit einem Zitat von Jürgen Mayer von 2002, das in Bezug auf die biologische Bildung nichts an Aktualität verloren hat:

„Nur wenn Erfahrungen vermittelt werden, die über die pädagogische Situation hinaus Bedeutung haben, können diese dauerhaft im Alltagsleben wirken.“ (Mayer, 2002, S. 15).

Literatur

- Bar-On, Y.M., Phillips, R. & Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. – *PNAS*, 115(25), 6506–6511. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>.
- BMU (Hrsg.) (2017). *Äpfel und ihre Sortenvielfalt*. Abgerufen am 28.05.2019 von: <http://www.umwelt-im-unterricht.de/unterrichtsvorschlaege/aepfel-und-ihresortenvielfalt/>
- Böritz, C. (2018). Quantität und Qualität von Unterrichtsmaterialien zum Thema Erhaltung der Biodiversität. In BfN (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt XVI* (S. 96–99).

- Diaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K., Liu, J., Subrmanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R., Shin, Y., Visseren-Hamakers, I., Wilis, K. & Zayas, C. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Advance Unedited Version.
- Erb, K.-H., Kastner, T., Plutzer, C., Bais, A.L.S., Carvalhais, N., Fetzel T., Gingrich, T., Haberl, H., Lauk, C., Niedertscheider, M., Pongratz, J., Thurner, M. & Luysaert, S. (2017). Unexpectedly large impact of forest management and grazing on global vegetation biomass. *Nature*, 553, 73–76. <https://doi.org/10.1038/nature25138>
- FORSA (Hrsg.) (2017). *WhatsApp, Instagram und Co. – so süchtig macht Social Media*. Berlin. Abgerufen am 19.10.2020 von: <https://www.eukidsonline.de/wp-content/uploads/DAK-Studie-Social-Media-Abhängigkeit.pdf>
- Gerl, T., Almer, J., Zahner, V. & Neuhaus, B. (2018). Der BISA-Test: Ermittlung der Formenkenntnis von Schülern am Beispiel einheimischer Vogelarten. *ZfDN*, 24, 235–249. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0086-7>
- Graf, D., Wieder, B., Ziemek, H.-P. & Zubke, G. (2017). Biodiversität als Basiskonzept. *MNU-Journal*, 70, 11–17.
- Junge, X. (2004). *Wahrnehmung und Wertschätzung pflanzlicher Biodiversität durch die Bevölkerung*. Diplomarbeit an der Philipps-Universität Marburg.
- Krebs, A. (1997). Naturethik im Überblick. In A. Krebs (Hrsg.), *Naturethik – Grundtexte der gegenwärtigen tier- und ökoethischen Diskussion* (S. 337–379). Frankfurt: Suhrkamp.
- Mayer, J. (1992). *Formenvielfalt im Biologieunterricht: ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde*. Kiel: IPN.
- Mayer, J. (1996). Biodiversität als Zukunftsdisziplin. Ein Beitrag der Biologiedidaktik. *Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie*, 5, 19–41.
- Mayer, J. (2002). Wertschätzung gefragt – Biodiversität als Thema der Umweltbildung. In Umweltdachverband (Hrsg.), *Leben in Hülle und Fülle – Vielfältige Wege zur Biodiversität* (S. 13–15). Wien: Forum Umweltbildung.
- Menzel, S. (2007). *Learning Prerequisites for Biodiversity Education – Chilean and German Pupils’ Cognitive Frameworks and Their Commitment to Protect Biodiversity*. Dissertation. Göttingen.
- Murr, A. & Retzlaff-Fürst, C. (2015). Werthaltung zur Agro-Biodiversität. Entwicklung, Evaluation und Einsatz eines Messinstrumentes. In D. Krüger, S. Schmie-mann, A. Möller, A. Dittmer & L. von Kotzebue (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 14* (S. 9–23). München.
- Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.

- Sanders, I. & Zubke, G. (2009). Formenkenntnis im Bereich heimischer Avifauna. In U. Harms et al. (Hrsg.), *Heterogenität erfassen – individuell fördern im Biologieunterricht* (S. 138–139). Kiel: IPN.
- Schilthuizen, M. (2018). *Darwin in der Stadt. Die rasante Evolution der Tiere im Großstadtdschungel*. München: dtv.
- Schulz, U. & Sachs, D. (2011). Didaktische Darstellung biologischer Vielfalt und ihrer Indices. *MNU*, 64(5), 303–308.
- Sommer, C. & Mayer, J. (2001). *Unterrichtseinheit nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt. Modul 1: Vielfalt der Pflanzen. Kl. 5/6*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Statistisches Bundesamt (2019). *R. 5.1 Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, verschiedene Jahrgänge*. Abgerufen am 01.08.2020 von: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_suv_arttats-nutzung_2019-11-27_0.pdf
- United Nations (1992). *Convention on Biological Diversity. Rio*. Abgerufen am 28.05.2019 von: <http://www.cbd.int/convention/text>
- United States Census Bureau (2018). *Historical Estimates of World Population*. Abgerufen am 13.05.2019 von: <https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/international-programs/historical-est-worldpop.html>
- Vos, J.M. de, Joppa, L.N., Gittleman, J.L., Stephens, P.R. & Pimm, S.L. (2015). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, 29(2), 452–462. <https://doi.org/10.1111/cobi.12380>.
- Yang, S. & Mountrakis, G. (2017). Forest dynamics in the U.S. indicate disproportionate attrition in western forests, rural areas and public lands. *PLoS ONE*, 12(2): e0171383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171383>

Claudia Wulff & Rita Wodzinski

Bildung für nachhaltige Entwicklung lehren und lernen – Schritte auf dem Weg zu einer Transformation der Lehramtsausbildung

*Noch bevor auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992 die Grundlage für das Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gelegt wurde, stellte Jürgen Mayer im Vorwort zur Veröffentlichung seiner Dissertation die Frage: „Welche formenkundlichen Inhalte sind für den Einzelnen und die Gesellschaft heute und in naher Zukunft sinnvoll und pädagogisch wünschenswert?“. Er markierte damit innerhalb seines damaligen fachdidaktischen Schwerpunkts bereits die großen Themen der BNE, nämlich Globalität und Intergenerationalität. Dieser Weitblick ist kennzeichnend für Jürgen Mayer und ist auch Basis für unsere Zusammenarbeit an den fachübergreifenden BNE-Projekten der Universität Kassel. Sein unermüdlicher Einsatz für eine Lehrer*innenbildung, die modernen Ansprüchen genügt, seine Offenheit zur fachübergreifenden Zusammenarbeit sowie seine stets freundliche und unterstützende Kollegialität haben sein Wirken an der Universität Kassel und weit darüber hinaus in hohem Maße geprägt.*

1 Das Weltaktionsprogramm: BNE vom Projekt in die Struktur bringen

Das Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gewann durch die gleichlautende UN-Dekade von 2005 bis 2014 erkennbar an Bedeutung, nicht nur in Schulen, sondern auch in der Lehrer*innenbildung. Das sich anschließende UNESCO-Weltaktionsprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung (WAP) sollte die Impulse der Dekade in den Jahren 2015–2019 weiterführen. Während sich die UN-Dekade zum Ziel gesetzt hatte, eine Stärkung verschiedener Angebote zur BNE in allen Bildungsbereichen zu erreichen, strebte das Weltaktionsprogramm an, „langfristig eine systemische Veränderung des Bildungssystems zu bewirken und Bildung für nachhaltige Entwicklung vom Projekt in die Struktur zu bringen“ (www.bne-portal.de, Zugriff am 26.02.2020). Bezogen auf die Lehramtsausbildung wird im Weltaktionsprogramm u. a. folgendes Ziel genannt:

„Ganzheitliche Transformation von Lern- und Lehrumgebungen: Die Nachhaltigkeitsprinzipien von BNE sollen in *sämtlichen* Bildungs- und *Ausbildungskontexten* verankert werden“ (www.bne-portal.de, Zugriff am 26.02.2020, Hervorhebung durch die Autorinnen).

Dieses Ziel ist auch im Jahr 2020 nicht erreicht. Auf allen Ebenen der Bildungslandschaft wurden Rahmenprogramme, Curricula, Veranstaltungsformate und Materialien zu BNE entwickelt und implementiert. Eine systematische Veränderung und eine alle Ebenen durchziehende Integration von BNE in die Lehrer*innenbildung, insbesondere auch im Sinne der Schaffung fächerübergreifender Strukturen, sind aber an den meisten Universitäten nur ansatzweise vorhanden (Rieckmann & Holz, 2017). Es bleibt zu hoffen, dass die gesellschaftlichen Impulse, die seit 2019 von der *Fridays-for-Future*-Bewegung ausgehen, auch der Transformation der Lehramtsausbildung im Sinne des Weltaktionsprogramms BNE eine neue Dringlichkeit geben. Allerdings dürfen die damit verbundenen Herausforderungen nicht unterschätzt werden.

Auch wenn das Konzept der Nachhaltigkeit selbst leicht zu fassen ist, gilt dies für die Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht. BNE als Leitbild für Unterricht erfordert aufgrund der hohen Komplexität und der Interdisziplinarität der Themen eine veränderte Lehrer*innenbildung. Neben einer hohen Fach- und Reflexionskompetenz ist auch die Ausbildung personaler und sozialer Kompetenzen von Bedeutung. Aspekte der Wertebildung spielen für die eigene Kompetenzentwicklung, aber auch die der Schülerinnen und Schüler eine deutlich größere Rolle als bisher üblich. In einer Delphistudie untersuchten Hellberg-Rode und Schrüfer (2016), welches Professionswissen und welche Kompetenzen Lehrkräfte benötigen, um BNE umzusetzen. Als wichtigste unter den personalen und sozialen Kompetenzen für das BNE-Lehren und Lernen wurde von über 60 % der Befragten die Fähigkeit zu Empathie und zum Perspektivwechsel genannt. Im Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung wird Perspektivwechsel und Empathie als Kernkompetenz im Bereich Bewerten beschrieben: „Schülerinnen und Schüler können sich eigene und fremde Wertorientierungen in ihrer Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren“ (KMK, BMZ & Engagement Global, 2016, S. 95). Die Fähigkeit zum Perspektivwechsel einzuüben ist also ein wichtiges Ziel der BNE-bezogenen Lehrer*innenbildung.

An der Universität Kassel hat sich bereits vor einigen Jahren eine Arbeitsgruppe unter dem Dach des Zentrums für Lehrer*innenbildung zusammengefunden, die sich zum Ziel gesetzt hat, das Thema BNE stärker strukturell in der Lehramtsausbildung zu verankern (Christoforatos, 2016). Seit 2019 ist das Vorhaben in das Projekt PRONET² integriert, das im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Universität Kassel durchgeführt wird. Ziel

des Teilprojekts „Strukturelle und inhaltliche Implementierung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Internationalisierung in die Lehrerbildung“ ist einerseits die Entwicklung innovativer Lehrveranstaltungen zu BNE/globalen Lernen und die Schaffung eines kohärenten fächerübergreifenden Lehrangebots und andererseits die strukturelle Verankerung des Themas BNE über ein Studienprofil, das mit dem Schwerpunkt Internationalisierung die Lücke zwischen einer vernetzten globalisierten Welt und der bisher stark auf nationale Bedingungen ausgerichteten Lehramtsausbildung schließt.

Im Folgenden sollen auf Basis der im bisherigen Prozess gesammelten Erfahrungen die spezifischen Schwierigkeiten der Integration des Themas BNE in die Lehrer*innenbildung diskutiert werden. Dabei soll deutlich werden, dass dieser Prozess nicht abgeschlossen ist, sondern auch weiterhin auf einen konstruktiv-kritischen Diskurs angewiesen ist.

2 Interdisziplinär und handlungsorientiert studieren: die Zertifikatsstudiengänge in Hildesheim und Koblenz

In den letzten Jahren wurden an einigen Universitäten Studiengänge und Querschnittsstudienprofile eingerichtet, die eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema BNE ermöglichen. Allen Studiengängen ist gemeinsam, dass sie fachübergreifend und handlungs- oder projektorientiert angelegt sind. Darüber hinaus unterscheiden sich die Strukturen in Bezug auf Offenheit hinsichtlich der Teilnehmenden und der Veranstaltungsangebote sowie hinsichtlich der Vernetzung mit außeruniversitären Partnern. Beispielhaft werden im Folgenden die Programme der Universität Hildesheim und Koblenz-Landau vorgestellt.

Die fachbereichsübergreifende Initiative „Nachhaltigkeit und Bildung“ der *Universität Hildesheim* wurde 2012 gegründet. An der Initiative beteiligt sind verschiedene Fachrichtungen (Biologie, Chemie, Geografie, Grundschuldidaktik, Sachunterricht, Englisch, Betriebswirtschaft, Wirtschaftsinformatik) aus allen Lehramtsstudiengängen. Das studienbegleitende Zertifikatsstudium im Umfang von 18 Leistungspunkten startete kurz darauf im Wintersemester 2013/14. In vier Modulen werden spezifisch ausgewiesene Veranstaltungen besucht, die sich zum Teil mit dem Regelstudium überschneiden können, sowie ein dreiwöchiges Projekt geplant und durchgeführt. Im Rahmen des Studiums wird zusätzlich eine schriftliche Hausarbeit angefertigt. Während des Studiums stehen von den Studierenden selbst gewählte Dozentinnen und Dozenten als Mentorinnen und Mentoren beratend zur Verfügung. Das Studium schließt mit einem Zertifikat ab (Stiftung Universität Hildesheim, 2020).

An der *Universität Koblenz-Landau* am Standort Landau wurde zum Wintersemester 2016/17 das Zertifikat *Bildung – Transformation – Nachhaltigkeit* (BTN) eingeführt. Es richtet sich an Lehramtsstudierende aller Fächer und Schulformen. Es wird getragen von einer Arbeitsgruppe, die an die Abteilung Chemiesdidaktik angebunden ist. Das Zertifikat umfasst vier Seminare und zwei ganztägige Einzelveranstaltungen, die in zwei Semestern parallel zum Regelstudium besucht werden können. Das Konzept ist geschlossener als in anderen vergleichbaren Projekten. Die Veranstaltungen sind (außer einer öffentlichen Ringvorlesung) spezifisch für die teilnehmenden Studierenden entwickelt. Neben den fachübergreifenden Inhalten der drei Grundlagenveranstaltungen wird großer Wert auf die Vernetzung mit schulischen und außerschulischen Akteuren und Partnern und eine hohe Gestaltungsfreiheit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Sinne eines partizipatorischen Ansatzes gelegt. Inklusion wird als wichtiges Thema von Anfang an einbezogen. Ein Ziel ist es, „dass sich die Absolventinnen und Absolventen des Zertifikats ihrer Verantwortung und Rolle in Bezug auf die notwendige Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft bewusst werden“ (Risch, Blöcher, Holfelder, Schehl & Weinberger, 2017, S. 12).

3 Auf dem Weg zum Studienprofil InterESD der Universität Kassel – Herausforderungen einer fachübergreifenden Konzeption

An der Universität Kassel bildete sich 2013 anlässlich einer Exkursion zur Verleihung des *Right Livelihood Awards* in Stockholm eine interdisziplinär besetzte Arbeitsgruppe des Zentrums für Lehrer*innenbildung (ZLB), die sich zum Ziel setzte, das Thema BNE im Lehramtsstudium in Kassel zu verankern und dies zusätzlich als Chance zur Internationalisierung der Lehramtsausbildung zu nutzen (Wodzinski, Wulff, Ziepprecht, Christoforatos & Kohlmann, 2020). Durch eine individuelle und das Studium vertiefende Schwerpunktsetzung auf Basis eigener Fragen will das Studienprofil auch ein Gegenentwurf zu einem oft von den Studierenden beklagten „Bulimie-Lernen“ sein. Nach längeren konzeptionellen Diskussionen wurde schließlich im Wintersemester 2018/19 das Studienprofil InterESD (*Internationalization and Education for Sustainable Development*) eingeführt.

Kerngedanke des Studienprofils ist es, Lehramtsstudierenden aller Fächer die Möglichkeit zu bieten, das Thema BNE im Rahmen ihres regulären Studiums gezielt zu vertiefen und über Praktika und Studienaufenthalte im In- und Ausland Erfahrungen mit dem Thema BNE und dessen Umsetzung in

Schule und Unterricht zu sammeln. Dabei werden sie durch Mentorinnen und Mentoren beraten und begleitet. Das Studienprofil umfasst insgesamt drei Module, in denen zusammen mindestens zehn Leistungspunkte erbracht werden. Diese können – ähnlich wie im Hildesheimer Konzept – überwiegend in Veranstaltungen erworben werden, die die Studierenden in ihrem regulären Studium absolvieren. So kann z. B. ein Auslandspraktikum mit Schwerpunkt BNE als Schulpraktikum anerkannt werden. Die offene Struktur ermöglicht es Studierenden, das Studienprofil ohne einen zu großen Zusatzaufwand zu absolvieren. Gleichzeitig wird auf diese Weise über die Teilnehmenden des Studienprofils das Thema BNE in die Breite der Studierendenschaft getragen. Diese Offenheit ist aber auch ein Nachteil, da die Teilnehmenden des Studienprofils sich weniger als gemeinsame Lerngruppe verstehen und damit auch der regelmäßige Austausch fehlt.

3.1 Umgang mit unterschiedlichen Fachkulturen

Die Konzeption und Implementierung des Studienprofils war ein sehr langer Prozess, der neben wertvollen inhaltlichen Diskussionen auch mit mühsamen Klärungen und konzeptioneller Abstimmung verknüpft war. Häufig wurden unterschiedliche Perspektiven auf das Vorhaben deutlich, die zum Teil durch die jeweiligen Fachkulturen der Akteurinnen und Akteure geprägt waren, so dass ein ‚Übersetzungsprozess‘ nötig war, der sich im Sinne einer kohärenten Lehrer*innenbildung zwar als sehr fruchtbar, aber auch als sehr zeitaufwändig erwies. Die Diskussionen berührten neben dem Verständnis von BNE oft auch grundsätzliche Unterschiede der fachbezogenen Studienstrukturen: Während die naturwissenschaftlichen Fächer eine relativ festgelegte Studienordnung mit wenig Freiheit für die Implementierung neuer Veranstaltungen besitzen, sind die Gestaltungsspielräume in den geistes- und bildungswissenschaftlichen Studiengängen deutlich größer. Um diesem Umstand gerecht zu werden, können Studierende sich Lehrveranstaltungen im Studienprofil auch anteilig anrechnen lassen, wenn sie z. B. in einem naturwissenschaftlichen Seminar ein Referatsthema mit besonderem Fokus auf BNE bearbeiten. Die Einführung des Studienprofils führte aber auch zur Konzeption neuer, fachübergreifender Veranstaltungen (s. u.), die das Studienangebot für alle Studierenden erweitern und den Blick über das eigene Fach hinaus ermöglichen.

3.2 Internationalisierung und BNE

Mit dem Studienprofil sollten von Beginn an zwei Zielrichtungen verfolgt werden: die Implementierung von BNE und die Internationalisierung der Lehrer*innenbildung. Allen Akteurinnen und Akteuren war der Zusammenhang dieser beiden Themen bewusst, aber bei der Konkretisierung des Studienprofils stellten sich die Fragen schärfer: Sind Auslandserfahrungen für den so zentralen (s. o.) angestrebten Perspektivwechsel wirklich obligatorisch? Sollte den Studierenden ein Auslandsaufenthalt nahegelegt werden, auch wenn dabei die CO₂-Belastung des Klimas durch Flüge in Kauf genommen wird?

Ein Perspektivwechsel erfordert Identifikation und eigene Betroffenheit. Dies ist gerade in Bezug auf die globalen Realitäten, die oft sehr weit von der eigenen Lebenswirklichkeit entfernt sind, eine schwierige Aufgabe. Ist es unbedingt notwendig, einen direkten persönlichen Kontakt zu Menschen anderer Länder herzustellen? Eine mögliche Antwort auf diese Frage gibt eine Interview-Studie von Asbrand und Martens (2013), die verschiedene Gruppen von Jugendlichen in der Oberstufe befragten, die unterschiedliche Erfahrungen im Globalen Lernen hatten. Es stellte sich heraus, dass nicht diejenigen, die im Rahmen einer Schulpartnerschaft eine gewisse Zeit in Familien in Westafrika verbracht hatten, die größten Fähigkeiten zur Perspektivübernahme hatten, sondern die Mitglieder einer Gruppe von Schülerinnen und Schülern, die im Rahmen einer Schülerfirma einen Weltladen betrieben und in diesem Zusammenhang entwicklungspolitische Arbeit leisteten. Sie konnten sich durch ihre intensive Beschäftigung mit sozialen, politischen und kulturellen Kontexten anderer Jugendlicher mit diesen identifizieren.

Die AG entschied sich letztlich für einen Kompromiss: Auslandserfahrungen werden unter den Teilnehmenden des Studienprofils explizit beworben, aber den Studierenden wird nahegelegt, den Auslandsaufenthalt so zu gestalten, dass ihre Erfahrungen möglichst vielfältig nutzbar gemacht werden können. Eine Verpflichtung für eine Auslandsreise besteht nicht. Alternativ können z. B. auch praktische Erfahrungen mit NGOs oder anderen Institutionen und Gruppierungen gesammelt werden, die einen Perspektivwechsel mit Blick auf andere Lebensbedingungen in der Welt ermöglichen.

3.3 Wertebildung und Objektivität

Einen weiteren zentralen Diskussionspunkt bei der Konzeption des Studienprofils stellte das Dilemma zwischen einer wertebezogenen BNE („Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“) und dem wissenschaftlichen Anspruch der Universität an Objektivität dar. Nimmt man die SDGs als Grundlage für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung, tritt dies besonders zu Tage. In der politischen Bildung wird diese Kontroverse zum Indoktrinationsverbot und zum Beutelsbacher Konsens seit längerem intensiv geführt (Wehling, 1977; Salomon, 2016). Während sich in der politischen Bildung Lehrerinnen und Lehrer „begründet politisch für demokratische Werte positionieren“ sollten (Emde, 2017, S. 248), stehen in der naturwissenschaftlichen Bildung die objektive Beschreibung und Benennung von Prozessen im Vordergrund. Selbst im Kompetenzbereich Bewertung der naturwissenschaftlichen Fächer geht es in erster Linie um die Frage, wie man ein Werturteil begründet fällen kann, aber nicht welches Werturteil Lehrerinnen und Lehrer und Schülerinnen und Schüler fällen sollten. BNE dagegen orientiert sich an klaren Werten und fordert ein Engagement für ein Handeln in der Welt, das mit den Zielen nachhaltiger Entwicklung vereinbar ist. Dass Lehrkräfte selbst an diesem Anspruch gemessen werden, stellt eine weitere Herausforderung dar. Das Studienprofil soll Möglichkeiten bieten, ein Bewusstsein für dieses Dilemma zu schaffen. Dozierende wie Lehrkräfte sollen ihre eigenen Positionen und ihre eigenen Dilemmata nicht verbergen. „Geboten ist vielmehr, die eigene politische Position für die Schülerinnen und Schüler transparent offenzulegen und sie in allen Lehr- und Lernsituationen mitzudenken“ (Emde, 2017, S. 248).

4 Neue Veranstaltungsformate für die Bildung für nachhaltige Entwicklung

Lange vor dem Start des Studienprofils wurden bereits in der Didaktik der politischen Bildung und der Biologie Veranstaltungen angeboten, in denen Studierende das Thema BNE in Verbindung mit besonderen Methoden wie z. B. Stadtrundgängen und Exkursionen zu außerschulischen Lernorten bearbeiten (Bade, 2017; Lochner & Hethke, 2017; Wulff, Lorenzana & Meier, 2015). Die Konzeption des Studienprofils führte zur Weiterentwicklung dieser Ansätze und zu neuen Veranstaltungsformaten.

4.1 Verstärkung der Interdisziplinarität der Vorlesung BNE

Im Rahmen des bildungswissenschaftlichen Kernstudiums wird seit vielen Jahren eine Vorlesung „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ angeboten, die von der Didaktik der politischen Bildung verantwortet wird. Sie wurde im Laufe der Zeit ergänzt durch weitere Fachperspektiven. Z.T. wurden Stipendiatinnen und Stipendiaten des *Right Livelihood Awards* als Gastreferentinnen und Gastreferenten eingeladen. Seit drei Jahren enthält die Vorlesung einen Themenblock zum Thema Klimawandel und Biodiversität, der die naturwissenschaftliche Sicht auf das Thema BNE akzentuiert. Dieser Teil wird im *Teamteaching* fachübergreifend von der Physik- und Biologiedidaktik umgesetzt.

4.2 BNE in Schulpraktika

Seit 2016 wird das Thema BNE verstärkt auch in den Schulpraktika verankert. Dazu wurde ein Projekt initiiert, das Studierenden anhand des Themas BNE eine „verdichtete Praxiserfahrung in der Schule ermöglichen“ soll (Kohlmann & Overwien, 2017, S. 27). Im Rahmen eines Seminars in Zusammenarbeit mit dem außerschulischen Lernort Tropengewächshaus in Witzenhausen werden Studierende zunächst mit den Grundlagen der nachhaltigen Entwicklung vertraut gemacht, um dann Unterrichtsentwürfe zu entwickeln, die sie im Rahmen ihrer Schulpraktischen Studien umsetzen. Ursprünglich entwickelt für Studierende der politischen Bildung, hat sich das Konzept inzwischen erweitert und bezieht Lehramtsstudierende der Biologie und Physik mit ein. Mit Hilfe von Kleingruppen aus verschiedenen Fachgebieten lernen die Studierenden fachübergreifend zu arbeiten und die Perspektiven verschiedener Fachgebiete in einem Unterrichtsentwurf zu integrieren.

4.3 BNE vernetzt zwischen Biologie und Physik

In der Entwicklung befindet sich zusätzlich ein fachübergreifendes BNE-Seminar in Kooperation der Physik- und Biologiedidaktik, das seinen Fokus insbesondere auf die Retinität, also die Vernetzung der Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Soziales, und das systemische Denken als zentrale Herausforderungen im BNE-Lehren und Lernen (vgl. Fanta, Bräutigam, Greiff & Rieß, 2017) auf allen Ebenen der Unterrichtsplanung legt. Hier soll sowohl innerfachlich, fachdidaktisch und methodisch Vernetzung als Grundprinzip der Nachhaltigkeit eingeübt als auch, im Austausch mit Vertreter*innen einer anderen Fachper-

spektive, die jeweils eigenen und anderen Denkmodelle erkannt und hierbei ein Perspektivwechsel vollzogen werden. Das Seminar startet in den ersten Sitzungen innerhalb der jeweiligen Fachdidaktik und wird dann nach dem ersten Drittel des Semesters zusammengeführt mit dem Ziel, dass sich Kleingruppen aus Physik- und Biologiestudierenden bilden, die gemeinsam einen Unterrichtsentwurf bzw. ein Unterrichtsprojekt erstellen und ggf. auch mit Schülerinnen und Schülern durchführen. Es hat sich gezeigt, dass Studierende ein explizit fachverbindendes und fachübergreifendes Vorgehen als Gewinn erleben, dass diese Art der Kooperation jedoch auch eingeübt werden muss.

5 Schluss

Alle diese fachübergreifend vernetzten Veranstaltungsformate wurden von der interdisziplinären Arbeit im Studienprofil angeregt und sind Teil des Angebots für die Studierenden von InterESD. Abschließend lässt sich zusammenfassen: Der Weg, den wir an der Universität Kassel bei der Entwicklung des Studienprofils gegangen sind und, mit der Vision des Weltaktionsprogramms im Blick, weiter gehen, erfordert auch von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die das Studienprofil entwickelt haben und begleiten, genau die Kompetenzen, die wir im Rahmen des BNE-Lehrens und Lernens fördern wollen – interdisziplinäre Offenheit, Perspektivübernahme von Standpunkten aus anderen Fachgebieten und systemisches Denken. Die Geduld und Mühe hat sich gelohnt und lohnt sich weiter!

Anmerkung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA1505 und 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

Asbrand, B. & Martens, M. (2013). Qualitative Kompetenzforschung im Lernbereich Globale Entwicklung: Das Beispiel Perspektivenübernahme. In B. Overwien & H. Rode (Hrsg.), *Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Lebenslanges Lernen, Kompetenz und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 47–67). Schriftenreihe Ökologie und Erziehungswissenschaft der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der DGfE. Toronto: Barbara Budrich.

- Bade, G. (2017). Mit konsumkritischen Stadtrundgängen die Welt verändern? Didaktische Überlegungen für Globales Lernen in der Innenstadt am Beispiel des konsumkritischen Stadtrundganges in Kassel. In O. Emde, U. Jakubczyk, B. Kappes & B. Overwien (Hrsg.), *Mit Bildung die Welt verändern? Globales Lernen für eine nachhaltige Entwicklung* (S. 291–294). Schriftenreihe Ökologie und Erziehungswissenschaft der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der DGfE. Toronto: Barbara Budrich.
- Christoforotou, E. (Hrsg.) (2016). *Education in a Globalized World. Teaching Right Livelihood*. Immenhausen: Prolog.
- Deutsche UNESCO-Kommission & Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020). *UNESCO Weltaktionsprogramm: Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Abgerufen am 26.03.2020 von: <https://www.bne-portal.de/de/weltaktionsprogramm-international-1730.html>.
- Emde, O. (2017). Stadtrundgänge zwischen Politischer Bildung und politischer Aktion. In O. Emde, U. Jakubczyk, B. Kappes & B. Overwien (Hrsg.), *Mit Bildung die Welt verändern? Globales Lernen für eine nachhaltige Entwicklung* (S. 243–264). Schriftenreihe Ökologie und Erziehungswissenschaft der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der DGfE. Toronto: Barbara Budrich.
- Fanta, D., Bräutigam, J., Greiff, S. & Rieß, W. (2017). Entwicklung und Validierung eines Messinstrumentes zur Erfassung von systemischem Denken bei Lehramtsstudierenden in ökologischen Kontexten. *ZfDN*, 23, 241–259. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0067-2>.
- Hellberg-Rode, G. & Schrüfer, G. (2016). Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)? *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 1–29. <https://doi.org/10.4119/zdb-1633>.
- KMK, BMZ & Engagement Global (Hrsg.) (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung* (2. Auflage). Bonn: Cornelsen.
- Kohlmann, E.-M. & Overwien, B. (2017). Bildung für nachhaltige Entwicklung und globale Perspektiven in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 40(3), 27–29. URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-169696
- Lochner, J. & Hethke, M. (2017). Urban Biodiversity Trail – Pflanzenvielfalt im Alltag. In O. Emde, U. Jakubczyk, B. Kappes & B. Overwien (Hrsg.), *Mit Bildung die Welt verändern? Globales Lernen für eine nachhaltige Entwicklung* (S. 315–319). Schriftenreihe Ökologie und Erziehungswissenschaft der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der DGfE. Toronto: Barbara Budrich.
- Rieckmann, M. & Holz, V. (2017). Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrerbildung in Deutschland. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 40(3), 4–10. <https://doi.org/10.31244/zep.2018.02.02>.
- Risch, B., Blöcher, K., Holfelder, A.-K., Schehl, M. & Weinberger, P. (2017). Konzept und Praxis des Zertifikats „Bildung – Transformation – Nachhaltigkeit (BTN)“. BNE in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 40(3), 11–17.

- Salomon, D. (2016). Konsens und Dissens. Von Beutelsbach nach Heppenheim? In: Widmaier, B. & Zorn, P. (Hrsg.), *Brauchen wir den Beutelsbacher Konsens noch? Eine Debatte der politischen Bildung* (S. 285–293). Bonn: bpb.
- Stiftung Universität Hildesheim (2020). Das Zertifikat. Abgerufen am 26.03.2020 von: www.uni-hildesheim.de/fb4/institute/biologie/abteilung-chemie/studium-lehre/zertifikat-nachhaltigkeit-und-entwicklung/
- Wehling, H.-G. (1977). Konsens à la Beutelsbach? Nachlese zu einem Expertengespräch. In: S. Schiele & H. Schneider (Hrsg.), *Das Konsensproblem in der politischen Bildung. Anmerkungen und Argumente* (S. 173–184). Stuttgart: Ernst Klett.
- Wodzinski, R., Wulff, C., Ziepprecht, K., Christoforatu, E. & Kohlmann, E. (2020). Das interdisziplinäre Studienprofil InterESD mit Fokus auf BNE. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 254–257). GDGP Tagungsband 2019.
- Wulff, C., Lorenzana, E. & Meier, M. (2015). Forschen im Freiland. Lehr-/Lernprojekte der Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX der Universität Kassel. In D. Karpa, G. Lübbecke & B. Adam (Hrsg.), *Außerschulische Lernorte. Theorie, Praxis und Erforschung außerschulischer Lerngelegenheiten* (S. 60–69). Theorie und Praxis der Schulpädagogik Bd. 31. Immenhausen: Prolog Verlag.

Sandra Sprenger

Von der Erkenntnisgewinnung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung – eine fächerverbindende Perspektive zweier fachdidaktischer Konzepte

Eine akademische Karriere ist wie eine spannende und manchmal sehr anstrengende Reise. Die Tätigkeit als studentische Hilfskraft am Institut für Biologiedidaktik und dem damit verbundenen Einblick in Forschungsprojekte führten mich zu meinem großen Interesse an fachdidaktischen Fragestellungen. Nach dem Referendariat ging die Reise in Ihre Arbeitsgruppe, um Forschendes Lernen und Experimentieren in der Fachdidaktik zu beforschen. Inhaltlich war dieser Weg geprägt durch Diskussionen im Bereich Erkenntnisgewinnung, Experimentieren und dem Forschenden Lernen, aber auch von vielen Veranstaltungen innerhalb der Arbeitsgruppe, die ich als sehr bereichernd erlebt habe. Dazu zählten die Forschungs-AG oder die Konferenzen, die gemeinsam besucht wurden. Um an schwierigen Stellen immer wieder den richtigen Weg zu finden, ist häufig Hilfe und Orientierung vor allem von Seiten des Doktorvaters notwendig. Dafür möchte ich Ihnen an dieser Stelle ganz herzlich danken. Die Zeit bei Ihnen und in der Arbeitsgruppe ist für mich sehr prägend gewesen. Es ist eine Zeit, an die ich häufig und sehr gerne zurückdenke.

1 Erkenntnisgewinnung – eine Perspektive der Fächer Biologie und Geographie

Im folgenden Beitrag wird, ausgehend von der Erkenntnisgewinnung, eine interdisziplinäre Perspektive auf eine Bildung für nachhaltige Entwicklung angenommen, deren Ausgestaltung wiederum von Konzepten und Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung geprägt sein kann. Dies erfolgt exemplarisch anhand der beiden Fächer Biologie und Geographie. Die Leitgedanken der Erkenntnisgewinnung fließen dabei in die Ausgestaltung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung ein. Beide Konzepte sind integraler Bestandteil der Fächer Biologie und Geographie und verbinden diese – sowohl im Unterricht als auch in der fachdidaktischen Forschung. Da die Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung die Grundlage für die Ausgestaltung von Bildungsprozessen im Bereich Nachhaltiger Entwicklung darstellen können, kann die Arbeit von Jürgen Mayer an dieser Schnittstelle als äußerst bedeutsames Fundament angesehen werden.

Im Fach Geographie existieren als bundesweit einheitliche Standards die von der Deutschen Gesellschaft für Geographie herausgegebenen „Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss“ (DGfG,

2014). In diesen sind die Kompetenzbereiche Fachwissen, Räumliche Orientierung, Erkenntnisgewinnung/Methoden, Kommunikation, Beurteilung/Bewertung und Handlung ausgewiesen (Abb. 1). Von der Struktur der Kompetenzbereiche her ähneln sie den Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz, 2005), in denen die vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung ausgewiesen sind (Kultusministerkonferenz, 2005). Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in der Geographie (DGfG, 2014) ist der Weg der Erkenntnisgewinnung – ebenso wie in der Biologie – ein wesentliches Element.

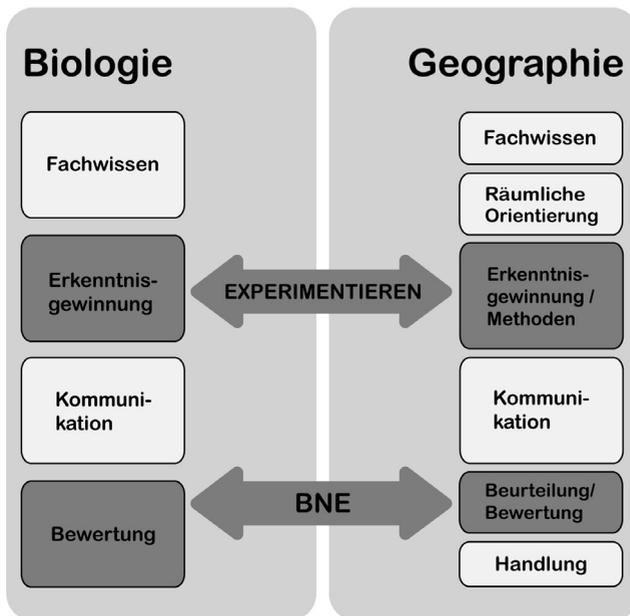


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Bildungsstandards Biologie und Geographie (eigene Darstellung auf Basis von DGfG, 2014; Kultusministerkonferenz, 2005)

Auf Basis dieser Standards entwickelten sich viele konzeptionelle und empirische Ansätze. Für die fachdidaktische Forschung in der Biologiedidaktik hat Mayer (2007) für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ein Rahmenmodell mit drei Dimensionen entwickelt: Praktische Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) sowie die Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*). Im Bereich der Biologie sind in allen drei Dimensionen Forschungsarbeiten entstanden, wobei das Experimentieren als zentrale naturwissenschaftliche Untersuchungsmetho-

de einen großen Stellenwert hat (Kremer, Möller, Arnold & Mayer, 2019). Auf der Grundlage dieses Strukturmodells sind insbesondere in der Arbeitsgruppe von Jürgen Mayer zahlreiche Forschungsarbeiten entstanden (u. a. Grube, 2010; Hof, 2011; Kremer, Specht, Urhahne & Mayer, 2014). Bisher vorliegende Studien beschäftigen sich vor allem mit der Analyse von Lernschwierigkeiten, zur Wirksamkeit, zum Öffnungsgrad, zur Lernunterstützung oder zum Vergleich von papierbasierten und realen Experimenten. Eine übersichtliche Darstellung findet sich bei Kremer et al. (2019).

In der Fachdidaktik Geographie sind ebenso Arbeiten zum Experimentieren entstanden. Es ist allerdings kein eigenes Rahmenmodell entwickelt worden. Sehr häufig wird daher sowohl im Bereich der Forschung als auch bei konzeptionellen Arbeiten wie Unterrichtsentwürfen auf das Strukturmodell von Mayer (2007) zurückgegriffen. Insofern sind die Impulse von Jürgen Mayer nicht nur auf die eigene Fachdisziplin beschränkt, sondern strahlen auf weitere aus, wie in diesem Fall die Geographiedidaktik. In der Folge haben sich in der Geographiedidaktik zahlreiche Arbeiten auf konzeptioneller Ebene auf dieses Modell bezogen (z. B. Benninghaus & Sprenger, 2017; Peter & Hof, 2011, 2012, 2014; Sprenger & Mönter, 2015). Auch fachübergreifende Ansätze greifen diese Grundgedanken auf, wie beispielsweise eine Unterrichtskonzeption zwischen Physik und Geographie am Beispiel von Modelleexperimenten zu Wirbelstürmen (Ruess, Sprenger & Neumann, 2015).

Die bestehende Forschung der Geographiedidaktik im Bereich der wissenschaftlichen Erkenntnismethoden konzentriert sich vorwiegend auf das Experimentieren (u. a. Otto, Mönter, Hof & Wirth, 2010; Peter & Hof, 2014), nimmt aber auch das Wissenschaftsverständnis (z. B. Schauss & Sprenger, 2019) in den Blick.

2 Die Brücke zwischen Erkenntnisgewinnung und Bildung für nachhaltige Entwicklung

Angesichts der globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Biodiversität, Infektionskrankheiten oder Energiegewinnung steht auch der (Fach-)Unterricht vor neuen Herausforderungen (Fensham, 2012). Hier gilt es, passende Lehr-Lernangebote zu entwickeln, um diese Herausforderungen im Unterricht aufzugreifen und Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, am gesellschaftlichen Diskurs zu partizipieren (Kremer & Sprenger, 2018). Dies ist verbunden mit einer Abkehr von traditionellen Unterrichtsmethoden hin zu Formaten, die die komplexen Herausforderungen aufgreifen, wobei ein Element die Verknüpfung von naturwissenschaftlichem und gesellschaftswissen-

schaftlichem Denken darstellt (Fensham, 2012; Kremer & Sprenger, 2018). Eine Möglichkeit, diese Verknüpfung umzusetzen, ist die Zusammenführung der Erkenntnisgewinnung mit einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Hier bilden die Elemente des Forschenden Lernens bzw. der Teilkompetenzen des Experimentierens die naturwissenschaftliche Basis für die Ausgestaltung von Lernangeboten im Bereich einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung und für die Gestaltung von Arbeitsmaterialien. Dies kann am Beispiel eines Modellexperiments verdeutlicht werden, bei dem die Schülerinnen und Schüler den Wirkungsgrad der Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von Einstrahlungswinkel, Bewölkungsgraden und Temperatur untersuchen (Sprenger & Mönter, 2015). Dieses Experiment steht im Kontext der globalen Herausforderung der Energiegewinnung, wie sie im SDG 7 „Bezahlbare und saubere Energie“ in den Sustainable Development Goals (United Nations, 2018) formuliert wird. Auf der Bildungsebene werden für jedes SDG Lernziele, Themen und Lernansätze formuliert. Für das SDG 7 werden als Themen u. a. verschiedene Energiearten, insbesondere erneuerbare Energien wie Sonne und Wind beschrieben (UNESCO, 2017). Explizit wird in diesem Kontext als Lernansatz bzw. Methode das Experimentieren genannt. So kann für ein Modellexperiment zur Leistung eines Windrades (Benninghaus & Sprenger, 2017) die Erkenntnisgewinnung die Grundlage bilden. Neben dem Experimentieren stellt ein weiterer Teil der Erkenntnisgewinnung, das Wissenschaftsverständnis, eine ideale Verbindung zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung dar. Die angesprochenen globalen Herausforderungen sind in hohem Maße von Komplexität und Unsicherheit geprägt (Fensham, 2012). Gleichzeitig ist nicht alles unsicher. Einige Bereiche können durch bereits vorhandenes Wissen sehr gut modelliert und vorausgesagt werden (Kremer & Sprenger, 2018). Hier stellt sich eine Herausforderung für den Unterricht, der diese Komplexitäten und damit verbundenen Spannungsfelder in transparenter Weise aufgreifen und abbilden muss. Dabei bilden das Wissenschaftsverständnis und verwandte Konzepte eine wichtige Grundlage. Als ein Beispiel kann hier ein Schulprojekt im Kontext Klimawandel genannt werden, das die Schülerinnen und Schüler in wissenschaftliches Arbeiten und insbesondere in die Methoden der Klimaforschung einführt (Schauss & Sprenger, 2019). Ein anderes Beispiel ist die Integration eines Klimamodells in den Unterricht. Das Monash Simple Climate Model (MSCM), ein Klimamodell, welches ursprünglich aus der Klimaforschung kommt, bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, ein besseres Verständnis der wissenschaftlichen Grundlagen des Klimas und der Klimamodellierung zu erzielen (Sprenger et al., 2020).

3 Perspektiven für die zukünftige Forschung und Unterrichtspraxis

Vor dem Hintergrund der globalen Herausforderungen (Biodiversität, Klimawandel), die nicht an einer Fachgrenze halt machen, scheint es angemessen, den Fachunterricht, ähnlich wie es bereits vorgeschlagen wird (Fensham, 2012; Kremer & Sprenger, 2018), in Zukunft noch stärker an diese Herausforderungen anzupassen. Dies kann durch eine stärkere Vernetzung der Inhalte der Fächer und eine Öffnung über die Fächergrenzen hinaus oder durch eine stärkere Verzahnung von natur- und gesellschaftlichen Aspekten erzielt werden. Das soll nicht heißen, dass die Fächer in den Hintergrund treten, sondern vielmehr, dass das Einzelfach seine Auswahl entsprechend der Kompetenzen einer nachhaltiger Entwicklung ausrichtet (Kremer & Sprenger, 2018). Aufgrund der Komplexität der globalen Herausforderungen ist es zudem erforderlich, aktuelle Hintergründe aus der fachwissenschaftlichen Forschung verschiedener Fächer in den Unterricht einzubeziehen und das Wissenschaftsverständnis als Teil der Erkenntnisgewinnung zu fördern.

Für die zukünftige Forschung und Unterrichtspraxis ergeben sich ergänzende Perspektiven aus den Fächern Biologie und Geographie. Aufgrund der inhaltlichen Nähe der beiden Fächer bieten sich für die Zukunft intensivierte Kooperationen an, um vertiefende und übergreifende Fragestellungen zu bearbeiten. Diese inhaltliche Nähe bezieht sich insbesondere auch auf fachdidaktische Themen und Konzepte. Für beide Fächer ergibt sich daraus ein wechselseitiger Blick im Hinblick auf neue Forschungsfelder, die bisher noch nicht oder nur in Ansätzen bearbeitet wurden.

Literatur

- Benninghaus, J.C. & Sprenger, S. (2017). Modellexperiment zur Leistung eines Windrades. In L. Mönter, K.-H. Otto & C. Peter (Hrsg.), *Diercke Experimentelles Arbeiten – Beobachten, Untersuchen, Experimentieren* (S. 194–199). Braunschweig: Westermann.
- DGfG (2014). *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Geographie.
- Fensham, P.J. (2012). Preparing Citizens for a Complex World: The Grand Challenge of Teaching Socio-Scientific Issues in Science Education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Science| Environment| Health Towards a renewed pedagogy for science education* (S. 7–29). Berlin: Springer.
- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei*

- Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1*. Abgerufen am 19.02.2021 von: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2011041537247>
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen – Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University Press Kassel.
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113–128). Berlin: Springer Spectrum.
- Kremer, K., Specht, C., Urhahne, D. & Mayer, J. (2014). The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.788541>
- Kremer, K. & Sprenger, S. (2018). Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung. In A. Beutelspacher, C. Kahlen, K. Kremer & S. Sprenger (Hrsg.), *Ich sehe Wasser, was Du nicht siehst – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel des virtuellen Wassers* (S. 4–11). Seelze: Friedrich Verlag.
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Berlin: Luchterhand.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Otto, K.-H., Mönter, L.O., Hof, S. & Wirth, J. (2010). Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr/Lernforschung. *Geographie und ihre Didaktik*, 38(3), 133–145.
- Peter, C. & Hof, S. (2011). Wasser unter der Lupe! Kompetenzorientiertes Experimentieren im Geographieunterricht. *Geographie heute*, 293, 44–46.
- Peter, C. & Hof, S. (2012). Förderung der Kompetenzen des Experimentierens. Exemplarische Lernaufgabe zum Phänomen Totes Meer – Salzgehalt des Wassers. Sache – Wort – Zahl. *Lehren und Lernen in der Grundschule*, 124, 36–44.
- Peter, C. & Hof, S. (2014). Kompetenzgrad von Lernenden beim Experimentieren im Geographieunterricht. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 42(3), 179–193.
- Ruess, L., Sprenger, S. & Neumann, I. (2015). Hurrikan, Taifun und Co. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 68(1), 20–28.
- Schauss, M. & Sprenger, S. (2019). Conceptualization and Evaluation of a School Project on Climate Science in the Context of Education for Sustainable Development (ESD). *Education Sciences*, 9(3), 217.
- Sprenger, S. & Mönter, L.O. (2015). Ein Platz an der Sonne?! *Geographie heute*, 322, 12–15.
- Sprenger, S., Warnholz, B., Höttecke, D., Kremer, K., Menthe, J. & Dommenget, D. (2020). Wie das Klima erforscht wird – Das Monash Simple Climate Model (MSCM) didaktisch in den naturwissenschaftlichen und geographischen Unterricht bringen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 73(6), 491–501.

- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives. Abgerufen am 15.02.2021 von: https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco_education_for_sustainable_development_goals.pdf
- United Nations. (2018). Sustainable Development Goals – 17 Goals to transform our World. Abgerufen am 15.02.2021 von: <https://www.un.org/sustainable-development/sustainable-development-goals/>

**Kompetenzmessung und -förderung
im Kontext von Scientific Literacy**

Vanessa Fischer, Mariella Rothe¹, Elke Sumfleth,
Maik Walpuski & Nicole Wellnitz

Zur Konstruktion fächerübergreifend vergleichbarer Kompetenz-Testaufgaben

Wir haben Jürgen Mayer in den unterschiedlichsten Zusammenhängen als äußerst angenehmen Kooperationspartner kennengelernt, der immer ausgleichend und kompromissuchend als kompetenter Moderator nach gemeinsamen Wegen gesucht hat. Wir entschuldigen uns schon im Voraus, dass er deswegen hier nicht als Ko-Autor auftreten kann. Sein Anteil – auch an diesem Beitrag – ist davon ganz unberührt. Wir danken Jürgen Mayer für jahrelange freundschaftliche Kooperation in verschiedenen Zusammenhängen.

1 Einleitung

In dem von der DFG geförderten Projekt IMBliCK (Einfluss von Interesse und Motivation in den Fächern Biologie und Chemie auf Leistungsunterschiede in Kompetenztests) wurde der Einfluss affektiver Faktoren, wie Interessantheit der Aufgaben und motivationale Anregung, auf die Bearbeitung von Leistungstestaufgaben in den Fächern Biologie und Chemie untersucht. Dazu war es notwendig, vergleichbare Testinstrumente zu entwickeln, die zum einen die Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in beiden Fächern messbar machen und zum anderen vergleichbare Anforderungen aufweisen, um den Einfluss der affektiven Faktoren systematisch untersuchen zu können. Die besondere Herausforderung lag darin, Kompetenztestaufgaben zu entwickeln, die hinsichtlich ihrer Schwierigkeit über die Fächer Biologie und Chemie vergleichbar sind. Ziel war es daher, zunächst konkrete Kriterien zu entwickeln, die bei der Erstellung der Testaufgaben beachtet werden sollten. Bereits bekannt war, dass der Kontext einen bedeutsamen Einfluss auf die Interessantheit von Aufgaben hat. Zudem zeigte sich bisher, dass die Komplexität einer Aufgabe und der zu erbringende kognitive Prozess einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit haben. Unter Berücksichtigung dieser drei Parameter wurden in diesem Projekt kontextorientierte Kompetenztestaufgaben mit vergleichbaren Merkmalsausprägungen entwickelt. Im Fokus dieses Beitrags steht die Vergleichbarkeit der entwickelten Testaufgaben.

1 geb. Mariella Roesler

2 Ablaufplan zur Testkonstruktion

Terzer, Hartig und Upmeyer zu Belzen (2013, S. 53) schlagen auf Basis der Literaturlage einen siebenschrittigen Ablaufplan für die Konstruktion von Kompetenztests vor: „(1) Formulierung der theoretischen Fundierung, (2) Testkonzeption, (3) Systematisierung der Itemkonstruktion, (4) Entwicklung einer Konstruktionsanleitung, (5) Itementwicklung, (6) Itemerprobung und -selektion und (7) Festlegung des Erhebungsdesigns“. Diese Schritte sollten nacheinander durchlaufen werden, wobei einzelne Schritte ggf. auch wiederholt werden können.

Basis für die Konstruktion eines Tests ist die Definition des Untersuchungsgegenstands (Wilson, 2005), also die *Formulierung der theoretischen Fundierung*. So sind bei Kompetenzmessungen z. B. Ausführungen zum verwendeten Kompetenzbegriff unumgänglich. Hinzu kommen ggf. weitere zu berücksichtigende Aspekte, die entweder mit demselben Testinstrument oder mit weiteren Instrumenten erhoben werden. Die spezifische Konkretisierung der Ausführungen führt zu definierten Operationalisierungen bzw. Kompetenzmodellen als Grundlagen für die Entwicklung der Testitems. Der Schritt der *Testkonzeption* basiert auf der Festlegung des Untersuchungsziels (Jonkisz, Moosbrugger & Brandt, 2012; Neuhaus & Braun, 2007), z. B. der Überprüfung eines Kompetenzmodells und der Auswahl der Messmethode(n) unter Berücksichtigung institutioneller und anderer Rahmenbedingungen. Im Rahmen der *Systematisierung der Itemkonstruktion* wird in einem ersten Schritt mit Hilfe eines Manuals zur Itementwicklung sichergestellt, dass die Operationalisierung der Kompetenzen oder Kompetenzausprägungen eindeutig und nachvollziehbar ist (Köller, 2008). Dies kann auf Basis von Indikatoren geschehen, die über ein Expertenrating abgesichert werden können (Hartig & Jude, 2007; Rost, 2004). Diese Entscheidungen werden in *Konstruktionsanleitungen* festgehalten, damit Aufgaben z. B. auch von verschiedenen Personen entwickelt werden können (Hartig & Jude, 2007; Wilson, 2005). In diesen Anleitungen werden auch die Struktur der Aufgaben sowie allgemeine Angaben zum Aufgabenstamm, zur Aufgabenstellung und zu den Antwortmöglichkeiten festgehalten. Zum einen muss die formale Gestaltung der Items, wie das Antwortformat (Jonkisz et al., 2012), die Textlänge und die Art der Abbildungen (Jonkisz et al., 2012; Rost, 2004) definiert werden. Zum anderen spielen inhaltliche Merkmale wie der angestrebte (Bybee, 2002; Walpuski & Ropohl, 2014) in Abhängigkeit von der Zielgruppe und mit Blick auf die notwendige Wissensbasis (Prenzel, Häußler, Rost & Senkbeil, 2002) bzw. curriculare Passung und den inhaltlichen Geltungsbereich eine wichtige Rolle. Dabei ist auch die Auswahl der Kontexte (Neuhaus & Braun, 2007; Hammann, 2006) zu be-

rücksichtigen. Basierend auf der Konstruktionsanleitung erfolgt die *Itementwicklung*. Idealerweise werden auf Basis curricularer Anforderungen und bekannter Schülervorstellungen bzw. Verständnisprobleme zunächst offene Items entwickelt und diese dann anhand der Schülerantworten in Multiple-Choice-Aufgaben überführt (Wilson, 2005), um plausible Distraktoren zu erhalten. Dabei sind ähnliche Formulierungen aller Antwortalternativen essentiell, um Anhaltspunkte für die richtige Antwortalternative zu vermeiden. Unterschiedliche Testhefte sind leichter zusammenzustellen, wenn logische Abhängigkeiten zwischen Items vermieden werden (Haladyna, 1999). Außerdem müssen die Aufgabentexte sprachlich einfach gestaltet sein (Jonkisz et al., 2012; Lienert & Raatz, 1998), um den Einfluss der Sprachkompetenz auf das Testergebnis gering zu halten. Die Anwendung der Methode des lauten Denkens oder der Kommentierung der Aufgaben bei der Bearbeitung durch die Zielgruppe kann zusätzlich zur Validitätsprüfung herangezogen werden. Für die Pilotierung der Items sollten grundsätzlich mehr Items konstruiert werden als später benötigt werden, um unbefriedigende Items streichen zu können. Neben der Testart ist eine ausreichende Itemzahl zur Abdeckung der interessierenden Aspekte wichtig, damit eine Schätzung der statistischen Parameter mit hinreichender Reliabilität möglich ist.

3 Instrumentenentwicklung

Für das im Projekt IMBliCK herangezogene Kompetenzkonstrukt bilden die Fächer Biologie und Chemie die inhaltliche Domäne. Die in den Bildungsstandards für diese beiden Fächer festgelegten Kompetenzbereiche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) und die dort formulierten Kompetenzen orientieren sich an der kognitiven Facette der Weinert'schen Kompetenzdefinition (Weinert, 2001). In Anbetracht der Fragestellung des Projekts IMBliCK zum Einfluss affektiver Faktoren auf die Bearbeitung von Aufgaben in den Fächern Biologie und Chemie wurden zwei Kompetenzbereiche ausgewählt, die sich in ihrer Interessantheit möglichst stark voneinander unterscheiden. Nach Holstermann und Bögeholz (2007) sind dies Aufgaben in den Kompetenzbereichen Bewertung und Fachwissen, wobei jene zur Bewertung ein höheres Interesse erzeugen als solche zum Fachwissen. Eine tiefergehende Betrachtung der beiden Kompetenzbereiche zeigt eine Vielzahl an Gemeinsamkeiten zwischen den Bezugsdisziplinen (Tab. 1), sodass eine vergleichbare Konstruktion von Testaufgaben möglich ist.

Tabelle 1: Kompetenzbereiche der Fächer Biologie (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005a, S. 7) und Chemie (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 7)

Fächer	Kompetenzbereiche	
	Fachwissen	Bewertung
Biologie	Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen	Biologische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten
Chemie	Chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen	Chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Der Kompetenzbereich Fachwissen umfasst das Kennen von Phänomenen und Begriffen sowie Prinzipien bzw. Gesetzmäßigkeiten aus den entsprechenden Bezugsdisziplinen. Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth und Walpuski (2010) zeigen, dass Theorien aus den entsprechenden Bezugsdisziplinen zur Lösung von naturwissenschaftlichen Problemen eingesetzt werden und zudem relevante Prinzipien, Modelle und Konzepte dazu angewendet werden. Der Kompetenzbereich Bewertung beinhaltet das Einbinden von fachlichen Informationen in einen Entscheidungsprozess sowie die Reflexion solcher Entscheidungsprozesse (Hostenbach et al., 2011; Kauertz et al., 2010).

Die zu Beginn des Projekts erstellte Aufgabenkonstruktionsanleitung ermöglichte eine systematische Konstruktion von Items in beiden Fächern zu beiden Kompetenzbereichen. Zur Operationalisierung der zu überprüfenden Kompetenzen wurde ein bestehendes Kompetenzmodell verwendet (ESNaS-Modell: Walpuski et al., 2010), um hinsichtlich ihrer erwarteten Schwierigkeit vergleichbare Items für die Fächer zu entwickeln. Dazu wurden zunächst Aufgabenmerkmale definiert, die die Schwierigkeit beeinflussen. Bisherige Befunde zeigen, dass die Komplexität einer Aufgabe und der zu erbringende kognitive Prozess, das Aufgabenformat (Walpuski & Ropohl, 2014) sowie ggf. vorhandene Abbildungen (Hartmann, 2013) einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit haben. Diese Merkmale einer Aufgabe wurden in dem Projekt über beide Fächer und beide Kompetenzbereiche konstant gehalten. Zudem wurden vier Kontexte (Gesundheit, Umwelt, Technik, Natürliche Ressourcen) gewählt, um eine möglichst hohe Varianz in der Interessantheit und motivationalen Anregung in den Aufgaben zu erhalten. Dies bedeutet, dass die Aufgaben in beiden Fächern zu beiden Kompetenzbereichen parallel entwickelt wurden, um so möglichst vergleichbare Testinstrumente zu erhalten. So wurden zu jedem Kontext 32 Items pro Fach entwickelt, die sich zu gleichen Teilen auf beide Kompetenzbereiche verteilen. Insgesamt wurden demnach

256 Items konstruiert. Die Items wurden alle für eine mittlere Komplexitätsstufe (ein Zusammenhang) erstellt. Um die Varianz in der Aufgabenschwierigkeit zu erhöhen, wurden die kognitiven Prozesse in den Items variiert (selektieren, organisieren, integrieren). Da die Durchführung der Testungen in zwei benachbarten Bundesländern (Hessen, NRW) stattfand, konnten die länderspezifischen Kernlehrpläne bzw. Kerncurricula nicht als Grundlage für die inhaltliche Ausgestaltung der Items dienen. Es wurden daher die Bildungsstandards hinzugezogen, die länderübergreifend gültig sind. Da die Messung der Kompetenzen durch einen Paper-Pencil-Test erfolgte, wurden die Items im Multiple-Choice Single-Select und im offenen Format zu gleichen Anteilen für beide Fächer und Kompetenzbereiche entwickelt. Somit sollte durch das Antwortformat zusätzliche Varianz in den Aufgabenschwierigkeiten erzeugt werden. Abbildungen wurden nur eingesetzt, wenn sie funktional und von daher bedeutsam für die Beantwortung der Fragestellung waren. Die Qualität der Items wurde hinsichtlich ihrer Einstufung in das ESNaS-Modell und ihrer fachlichen Richtigkeit durch mehrere Korrekturschleifen innerhalb des Projekts und in Kooperation mit weiteren Fachdidaktikern sichergestellt.

Die entwickelten Items zu beiden Fächern und Kompetenzbereichen wurden auf Grundlage der Kontextzugehörigkeit zu Aufgaben geclustert (insgesamt 8 Aufgaben pro Fach und Kompetenzbereich). Jede Aufgabe besteht aus vier Items, die einem Fach, einem Kompetenzbereich und einem Kontext zugeordnet werden können. Nach der Bearbeitung der Aufgaben machten die Schülerinnen und Schüler Angaben zur Interessantheit (Haugwitz, 2009) und zur motivationalen Anregung (Boekaerts, 2002; Sundre, 2007) der Aufgaben, sodass die Einflüsse dieser affektiven Faktoren auf die Aufgabenschwierigkeit analysiert werden konnten.

4 Untersuchungsfragen und Hypothesen

Ziel der Arbeitsschritte im Projekt IMBliCK war es, Kompetenztestaufgaben in den Fächern Biologie und Chemie zu entwickeln, die hinsichtlich ihrer erwarteten Aufgabenschwierigkeiten vergleichbar sind, um so systematisch den Einfluss affektiver Faktoren bei der Bearbeitung von Kompetenztestaufgaben zu untersuchen. Dabei war es wichtig, Items zu entwickeln, die hinsichtlich spezifischer Aufgabenmerkmale vergleichbar sind, jedoch die Besonderheiten der entsprechenden Fachdisziplin nicht außer Acht lassen. So ist es in dem Projekt IMBliCK eine besondere Herausforderung gewesen, die spezifischen Merkmale der einzelnen Fachdisziplinen zu konkretisieren sowie Aufgabenmerkmale für die Konstruktion zu definieren, die eine vergleichbare Konstruktion er-

möglichten. Zur Überprüfung der Testqualität war folgende Forschungsfrage handlungsleitend:

Lassen sich die neu entwickelten Testinstrumente hinsichtlich der Fachzugehörigkeit und des Kompetenzbereichs empirisch trennen?

Erwartbar waren vier verschiedene Modelle, die durch die folgenden Hypothesen beschrieben werden:

1. Eindimensionales Modell: Die Items zu den Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung für die Fächer Biologie und Chemie sind einer gemeinsamen Skala zuzuordnen. Aufgrund gemeinsamer theoretischer Annahmen können die Items nicht als trennbare Skalen abgebildet werden.
2. Zweidimensionales Modell I: Die Items zu den Fächern Biologie und Chemie bilden zwei trennbare Skalen. Trotz gemeinsamer theoretischer Annahmen können diese beiden Konstrukte empirisch voneinander getrennt erfasst werden.
3. Zweidimensionales Modell II: Die Items zu den Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung bilden zwei trennbare Skalen. Trotz gemeinsamer theoretischer Annahmen können diese beiden Skalen empirisch voneinander getrennt erfasst werden.
4. Vierdimensionales Modell: Die Items zu den Fächern Biologie und Chemie und den jeweiligen Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung bilden vier trennbare Skalen, die trotz gemeinsamer theoretischer Annahmen empirisch voneinander getrennt erfasst werden können.

Um Unterschiede hinsichtlich des Fachs und des Kompetenzbereichs sinnvoll untersuchen zu können, sollte der Test nach Möglichkeit alle vier Dimensionen getrennt abbilden können (Hypothese 4).

5 Qualität der Testinstrumente

Für die Analyse der Qualität des entwickelten Testinstruments wurden Rasch-Analysen mit ConQuest® (Wu, Adams, Wilson & Haldane, 2007) durchgeführt. Dazu wurden zunächst die Items getrennt nach Fächern und Kompetenzbereichen hinsichtlich ihrer Qualität überprüft. Im Anschluss wurden alle Items mit guter Modellpassung ($0.8 < \text{MNSQ} < 1.25$) in die weiteren Analysen mit einbezogen.

Im nächsten Schritt wurden ein eindimensionales Modell, zwei zweidimensionale Modelle und ein vierdimensionales Modell berechnet, um die Hypothesen zu überprüfen. Dabei wurden die Werte der berechneten Modell-

parameter (Deviance) miteinander verglichen und hinsichtlich statistischer Signifikanz geprüft. Dabei zeigte sich, dass das vierdimensionale Modell am besten zu den Daten passt (Δ Deviance $p < .001$), sodass davon auszugehen ist, dass es sich bei den Skalen Fachwissen Biologie, Bewertungskompetenz Biologie, Fachwissen Chemie und Bewertungskompetenz Chemie um vier empirisch trennbare Konstrukte handelt, die getrennt voneinander erfasst werden können. So zeigte sich, dass es trotz der vergleichbaren Konstruktion der Items zwischen den Fächern und Kompetenzbereichen neben den kognitiven Merkmalen, die die Schwierigkeit der Items beeinflussen, weitere Merkmale zu geben scheint, die dafür sorgen, dass es messbare Unterschiede in den Aufgaben zwischen den Fächern und Kompetenzbereichen gibt. Somit konnten im Anschluss Analysen für die einzelnen Skalen getrennt voneinander vorgenommen werden. In einem nächsten Schritt wurden die latenten Korrelationen untersucht, um die Stärke des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Skalen zu prüfen (Tab. 2).

Tabelle 2: Latente Korrelationen der Itemschwierigkeiten zwischen den Fächern Biologie und Chemie und den Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung

	Biologie Bewertung	Chemie Fachwissen	Chemie Bewertung
Biologie Fachwissen	.79	.85	.72
Biologie Bewertung		.72	.84
Chemie Fachwissen			.64

Die latente Korrelation zwischen den Fächern, unabhängig vom Kompetenzbereich, liegt in einem hohen Bereich ($r = .91$), ähnlich wie bei Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil und Prenzel (2004) berichtet wird. Bei genauerer Betrachtung der latenten Korrelationen zwischen den Fächern, abhängig vom Kompetenzbereich, zeigt sich, dass die Korrelationen insgesamt in einem mittleren bis hohen Bereich liegen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass es sich bei den Skalen um verwandte Konstrukte handelt. Die höchsten Korrelationen bestehen innerhalb desselben Kompetenzbereichs zwischen den Aufgaben aus beiden Fächern. Dieses Ergebnis weist daraufhin, dass die gewählten Aufgaben bereichsspezifische Kompetenzen messen. Auch kann man feststellen, dass die latenten Korrelationen innerhalb der Fächer bedeutsam sind. Während im Fach Biologie die Korrelationen mit .79 in einem hohen Bereich liegen, bewegen sie sich im Fach Chemie mit .72 in einem mittleren Bereich. Dies zeigt, dass bei der Konstruktion der Testinstrumente vergleichbare Aufgaben zwischen den Fächern entwickelt wurden und ist ein Beleg für die konvergente Validität der entwickelten Testinstrumente.

In einem nächsten Schritt wurden die Aufgaben hinsichtlich ihrer Schwierigkeiten zwischen den Fächern und Kompetenzbereichen verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich die Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Fächern, unabhängig vom Kompetenzbereich, nicht signifikant voneinander unterscheiden ($t(51.648) = -1.84, p = .072, d = 0.48$). Dagegen unterscheiden sich die Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Kompetenzbereichen, unabhängig vom Fach, signifikant mit einem großen Effekt ($t(62) = -5.46, p < .001, d = 1.36$). Aufgaben aus dem Kompetenzbereich Fachwissen sind signifikant schwerer als Aufgaben aus dem Kompetenzbereich Bewertung. Dieser Unterschied ist auf die Aufgaben im Fach Chemie zurückzuführen, wohingegen sich die Aufgaben im Fach Biologie nicht signifikant zwischen den Kompetenzbereichen unterscheiden ($t(30) = 1.73, p = .095, d = 0.61$). Trotz der Kontrolle bekannter schwierigkeitsbestimmender Aufgabenmerkmale sind Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewertung im Fach Chemie im Vergleich signifikant leichter ($t(30) = -6.97, p < .001, d = 2.47$). Dies deutet darauf hin, dass es neben den bereits bekannten schwierigkeitszeugenden Merkmalen weitere Merkmale gibt, die für die Schwierigkeit einer Aufgabe von Bedeutung sind. Zudem ist die Dimensionsanalyse ein weiteres Indiz dafür, dass es Faktoren gibt, die die systematisch parallel entwickelten Aufgaben unterscheidbar zu machen scheinen.

6 Zusammenfassung

Die Analyse der neu entwickelten Testinstrumente zeigt, dass es sich um vier empirisch trennbare Skalen handelt, die getrennt voneinander betrachtet werden können. Trotzdem zeigen sich zwischen den Skalen hohe Korrelationen, die unter anderem auf die systematische Konstruktion schwierigkeitsbestimmender Aufgabenmerkmale zurückzuführen sind. Die Vergleiche der Aufgabenschwierigkeiten zeigen zudem, dass es im Fach Chemie Unterschiede in den Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Kompetenzbereichen gibt, trotz der Kontrolle schwierigkeitsbestimmender Merkmale.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass neben den bekannten schwierigkeitsbestimmenden kognitiven Aufgabenmerkmalen andere Faktoren einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit haben. Dies können inhaltliche Unterschiede oder affektive Faktoren sein, die für die unterschiedlichen Skalen verantwortlich sind. Diese Unterschiede in den Skalen werden zudem deutlich, wenn man die Aufgabenschwierigkeiten betrachtet. Dabei fällt auf, dass Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewertung im Fach Chemie leichter zu lösen sind als Aufgaben zum gleichen Kompetenzbereich im Fach Biologie und auch im Vergleich zu Aufgaben zum Kompetenzbereich Fachwissen in beiden Fächern.

Dies lässt sich nicht auf Aufgabenmerkmale zurückführen, die in bisherigen Studien als schwierigkeitsbestimmend erkannt wurden, sondern vermutlich auf motivationale Faktoren.

Anmerkung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde von der DFG im Rahmen einer Sachbeihilfe gefördert (MA 1792/6–1, SU 187/12–1 WA 2829/5–1).

Literatur

- Boekaerts, M. (2002). The On-Line Motivation Questionnaire: A self-report instrument to assess students' context sensitivity. *New Directions in Measures and Methods*, 12, 77–120.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Opladen: Leske & Budrich.
- Haladyna, T.M. (1999). *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items* (2. Auflage). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hammann, M. (2006). Kompetenzförderung und Aufgabenentwicklung. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(2), 85–95.
- Hartig, J. & Jude, N. (2007). Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenzmodelle. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik* (S. 17–36). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Hartmann, S. (2013). *Die Rolle von Leseverständnis und Lesegeschwindigkeit beim Zustandekommen der Leistungen in schriftlichen Tests zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie: Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- 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.
- Hostenbach, J., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261–288.
- Jonkisz, E., Moosbrugger, H. & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 27–74). Berlin: Springer.

- 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, 135–153.
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards – Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 163–173.
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz.
- Neuhaus, B. & Braun, E. (2007). Testkonstruktion und Testanalyse – praktische Tipps für empirisch arbeitende Didaktiker und Schulpraktiker. In H. Bayrhuber, D. Elster, D. Krüger & H.J. Vollmer (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung und Assessment* (S. 135–164). Innsbruck: StudienVerlag.
- Prenzel, M., Häußler, P., Rost, J. & Senkbeil, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? *Unterrichtswissenschaft*, 30(2), 120–135.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern: Hans Huber.
- Rost, J., Walter, O., Carstensen, C.H., Senkbeil, M. & Prenzel, M. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003 – Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 111–146). Münster: Waxmann.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005a). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München, Neuwied: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005b). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München, Neuwied: Luchterhand.
- Sundre, D.L. (2007). *The Student Opinion Scale (SOS): A measure of examinee motivation. Test Manual*. Harrisonburg, VA: The Center for Assessment & Research Studies.
- Terzer, E., Hartig, J. & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 51–76.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H.E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Walpuski, M. & Ropohl, M. (2014). Statistische Verfahren für die Analyse des Einflusses von Aufgabenmerkmalen auf die Schwierigkeit. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 385–398). Berlin: Springer.

- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wilson, M. (2005). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wu, M.L., Adams, R.J., Wilson, M.R. & Haldane, S.A. (2007). *Acer ConQuest. Version 2.0. Generalised Item Response Modelling Software*. Camberwell: Australian Council for Educational Research.

Christiane Specht¹

Von Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Bereich Erkenntnisgewinnung zur Lehrkräftebildung in Niedersachsen: ein persönlicher Perspektivwechsel

Die Laufbahn von Jürgen Mayer ist geprägt von der Vielseitigkeit seiner Forschungsinteressen und -schwerpunkte. So hat er beispielsweise in früheren Jahren über Formenkunde und auf dem Gebiet der Umweltbildung geforscht. Später wurden die Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und die Lehrkräftebildung zu einem Kern seiner Arbeit. Seine Forschung ist charakterisiert durch den Brückenschlag zu anderen Disziplinen, Interdisziplinarität ist dabei stets wichtiger Bestandteil seines Wirkens. Ich möchte Jürgen Mayer an dieser Stelle dafür danken, dass er mir die Möglichkeit gab, an einem Teilbereich seiner Forschung im Bereich der Erkenntnisgewinnung mitzuwirken. Prägend für meine Zeit in seiner Arbeitsgruppe war die facettenreiche Arbeit in einem Forschungsgebiet am Puls der Zeit. Nicht weniger ist mir allerdings auch seine Fähigkeit in Erinnerung geblieben, ein positives und wertschätzendes Arbeitsklima zu schaffen.

1 Vorbemerkungen

Den nachfolgenden Ausführungen sei vorangestellt, dass dieser Beitrag kein klassischer Forschungsbeitrag ist. Dies liegt daran, dass ich anders als viele andere Autorinnen und Autoren dieses Bandes heute außerhalb der Forschung tätig bin – im organisatorischen Bereich im Kontext der Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität universitärer Lehrkräftebildung. Dieser autobiographische Hintergrund prägt die Ausgestaltung dieses Artikels. Der Beitrag soll keine Brücke zwischen vergangenen und aktuellen biologiedidaktischen Forschungsfragen schlagen. Vielmehr werden hier ganz unterschiedliche Arbeitsbereiche im Kontext von Schule und Bildung thematisiert. Im ersten Teil des Beitrags wird zunächst auf die Entstehungszeit der Bildungsstandards und ein kompetenzorientiertes Projekt, das BMBF-Projekt *Biologie im Kontext (bik)* eingegangen sowie ein Forschungsprojekt im Bereich der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Fach Biologie vorgestellt (Kapitel 2–3). Damit soll der Beitrag einen kleinen Ausschnitt aus dem Arbeitsbereich von Jürgen Mayer illustrieren, der die im Folgenden vorgestellte Forschungsarbeit betreute und im Projekt *bik* in leitender Funktion für den Bereich der Erkenntnisgewinnung tätig war. Es wird damit gleichzeitig

1 geb. Christiane Grube

auch Rückschau gehalten auf eine Zeit, in der durch die Entwicklung und Veröffentlichung der Bildungsstandards die Kompetenzforschung im Bereich der Biologiedidaktik grundlegende Impulse erhielt.

Im zweiten Teil (Kapitel 4) verschiebt sich der Fokus von den Lernenden hin zu den (zukünftigen) Lehrkräften. Dies wird jedoch nicht auf der Ebene der Lehrerinnen- und Lehrerbildungsforschung vollzogen. Es wird vielmehr mittels der Vorstellung des *Niedersächsischen Verbundes zur Lehrerbildung* ein Blick auf ein standort- und institutionsübergreifendes Gremium zur Sicherung und Weiterentwicklung der universitären Lehrkräftebildung geworfen. Mittels einiger ausgewählter Beispiele der Arbeit dieses Verbundes soll damit ein kleiner Teilbereich aktueller Herausforderungen der Lehrkräftebildung akzentuiert werden.

2 Das Projekt *Biologie im Kontext* und die nationalen Bildungsstandards im Fach Biologie

Das Projekt *bik* widmete sich thematisch neben der Kontextorientierung vor allem auch den damals erst kürzlich verabschiedeten Bildungsstandards für das Fach Biologie (KMK, 2005). Die Entwicklung der Bildungsstandards – letztlich angestoßen durch die Tatsache, dass die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler im Rahmen großer internationaler Schulleistungsstudien deutlich hinter den Erwartungen zurückblieben – hatte mit ihrer Orientierung an Kompetenzen einen Paradigmenwechsel im deutschen Bildungssystem zur Folge.

Im Rahmen von *bik* arbeiteten Lehrkräfte und universitäre Fachdidaktiken gemeinsam an der Entwicklung kompetenzorientierter Unterrichtskonzepte für das Fach Biologie. Jürgen Mayer verantwortete hier an seinem Institut in Gießen den Bereich der Erkenntnisgewinnung, die – international schon länger im Rahmen entsprechender Standards berücksichtigt (z. B. NRC, 1996) – nun im Zuge der Veröffentlichung der Bildungsstandards einen großen Bedeutungszuwachs erhielt. Lehrkräfte aus Hessen und Bayern arbeiteten unter Leitung des *bik*-Teams der Universität Gießen in zwei Schulsets an der Entwicklung von Unterrichtsbausteinen, deren Ziel es war, Schülerinnen und Schüler in der Aneignung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen zu unterstützen (Beispiele: LI Hamburg, 2010). Neben der unterrichtsorientierten Arbeit im Rahmen der Schulsets führten die an *bik* beteiligten Universitäten wissenschaftliche Begleitforschungen durch. Ein zentraler Aspekt war hier die Modellierung und empirische Fundierung von Kompetenzen, die in den Standards für das Fach Biologie als bedeutsam ausgewiesen worden waren. Die

Entwicklung der Standards war in erster Linie unter Bezug auf Unterrichtserfahrungen und punktuellen Untersuchungen erfolgt, da zu diesem Zeitpunkt noch keine umfassenden Forschungen zum Kompetenzstand von Schülerinnen und Schülern vorlagen (Helmke & Hosenfeld, 2004). Nun sollte die Forschung im Rahmen von *bik* (genauso wie viele andere damalige Forschungsarbeiten der verschiedenen Fachdidaktiken) dazu beitragen, diese Lücke zu schließen.

3 Modellierung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Zum damaligen Zeitpunkt waren verschiedene Ansätze zur Modellierung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen in der Diskussion. Grundlage der hier vorgestellten Forschungsarbeit war das Modell wissenschaftlichen Denkens von Jürgen Mayer, in dem diese Kompetenzen als Problemlöseprozess beschrieben werden (Mayer, 2007). Das Modell fußt auf der Theorie kognitiven Problemlösens nach Newell und Simon (1972) und ihrer Anwendung auf den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Klahr, 2000). Es leitet aus dem Problemlöseparadigma vier Prozessvariablen wissenschaftlichen Denkens ab und akzentuiert den Einfluss von kognitiven Variablen sowie von Konzept- und Methodenwissen. Ein Schwerpunkt war die Frage, ob sich die postulierten Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (*Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Planung einer Untersuchung und Deutung der Ergebnisse*) am Beispiel des Experimentierens im Biologieunterricht in ein entsprechendes Messinstrument überführen und empirisch differenzieren lassen. Basis der Untersuchung war die Entwicklung eines schriftlichen Leistungstests, der im offenen Antwortformat für die Jahrgangsstufen 5 bis 10 konzipiert wurde. Die erhobenen Daten wurden unter Zuhilfenahme klassischer und probabilistischer Testtheorie im Querschnitt ($N = 1553$) und Längsschnitt ($N = 1129$) untersucht (Details zur Methodik: Grube, 2010). Im Rahmen eines Modellvergleichs wurde geprüft, ob sich die untersuchten wissenschaftsmethodischen Kompetenzen empirisch besser durch das postulierte vierdimensionale Modell mit den genannten Teilkompetenzen oder durch ein eindimensionales Modell beschreiben ließen. Die entsprechenden Analysen ergaben, dass das vierdimensionale Partial-Credit-Modell eine signifikant bessere Passung auf die Daten aufwies als das eindimensionale Modell (Grube, 2010). Ebenso zeigten in SPSS nachgeschaltete Korrelationsanalysen, dass die postulierten Teilkompetenzen weitgehend im schwachen bis mittleren Bereich korrelierten (Grube, Hartmann & Mayer, 2008). Empirisch ließen sich die untersuchten

wissenschaftsmethodischen Kompetenzen also in vier voneinander abgrenzbare Teilkompetenzen differenzieren, die durch bedeutsame Anteile dimensionspezifischer Anforderungen charakterisiert waren. Querschnittlich untersucht waren Leistungsunterschiede zwischen den Teilkompetenzen nachweisbar (Mayer, Grube & Möller, 2009) – den Schülerinnen und Schülern fielen manche Elemente des wissenschaftsmethodischen Prozesses also leichter als andere (s. auch Abb. 1).

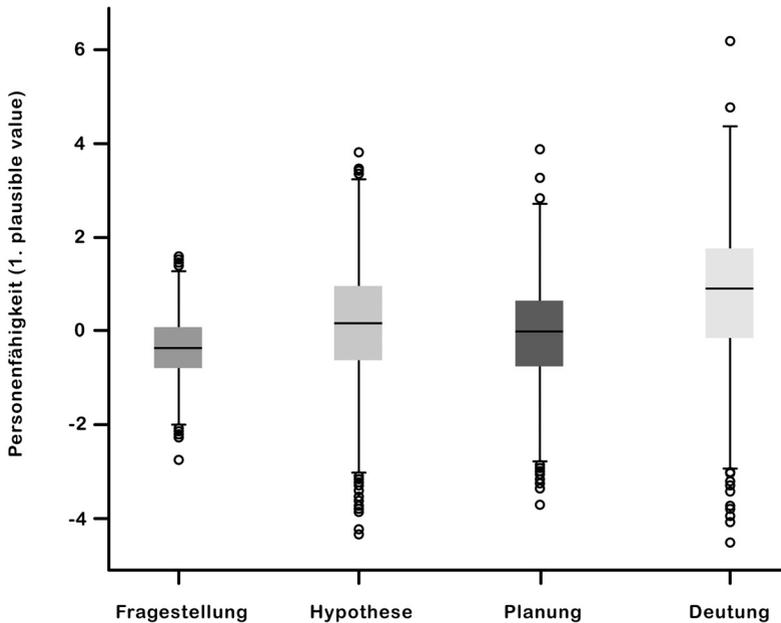


Abbildung 1: Leistungsvergleich der Teilkompetenzen (querschnittlich untersucht; $N = 1553$; verändert nach Grube, 2010)

Für einen Teil der Stichprobe ($N = 1129$) wurde die Leistungsentwicklung im Längsschnitt über ein Schuljahr betrachtet. Hier konnten Leistungsanstiege der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen nachgewiesen werden: Die gemessenen Fähigkeiten stiegen mit der Zeit der Beschulung an (Grube & Mayer, 2010). Das entwickelte Instrument war also sensitiv genug, um auch Leistungszuwächse über ein Schuljahr im Bereich wissenschaftsmethodischer Kompetenzen zu erfassen.

4 Der Niedersächsische Verbund zur Lehrerbildung

Die vorangegangenen Ausführungen illustrieren einen kleinen, auf die Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern bezogenen Ausschnitt aus dem wissenschaftlichen Wirkungsfeld von Jürgen Mayer im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Um – einleitend für das folgende Kapitel – einen zeitlichen und inhaltlichen Sprung zu machen: Im Kasseler Projekt PRONET im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung leitete Jürgen Mayer viele Jahre später das Handlungsfeld III, das sich der phasenübergreifenden Verschränkung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Wissens- und Kompetenzbereiche der universitären Ausbildung von Lehrkräften widmete. Diese Forschung wird u. a. im Beitrag von Gimbel, Grospietsch und Ziepprecht dieses Bandes thematisiert werden. In dem hier vorliegenden Beitrag soll über Aspekte der Qualitätssicherung und -weiterentwicklung der Lehrkräftebildung aus standort- und institutionsübergreifender Sicht berichtet werden.

Das Lehramtsstudium ist von vielfältigen Anforderungen geprägt. Die Universitäten müssen den Studierenden eine breitgefächerte Ausbildung mit fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Komponenten bereitstellen – und dies mittlerweile unter möglichst frühzeitiger Einbindung praktischer Erfahrungen an Schulen, während gleichzeitig wissenschaftliche Methoden aller drei Felder praktiziert werden sollen. Darüber hinaus bewegt sich die universitäre Lehrkräftebildung zudem stets im Konfliktfeld zwischen der Freiheit der Hochschullehre und der Einhaltung berufsrechtlicher Vorgaben, die sich für die zukünftigen Lehrkräfte ergeben. Für die Koordination dieser komplexen Anforderungen an die lehramtsbezogenen Studiengänge haben die meisten lehrerinnen- und lehrerbildenden Hochschulen Zentren für Lehrerinnen- und Lehrerbildung oder *Schools of Education* eingerichtet, die als fachbereichsübergreifende Querschnittseinrichtung der Universität die Aufgabe haben, die verschiedenen Bereiche der Lehrkräftebildung zu vernetzen, zu koordinieren und zu steuern.

In Niedersachsen steht der universitären Lehrkräftebildung jenseits dieser hochschulspezifischen Querschnittseinrichtungen ein Forum zur Verfügung, in dem sich die lehrerbildenden Hochschulen untereinander und gemeinsam mit dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und dem Kultusministerium (MK) über wichtige Fragen der Lehrkräftebildung austauschen: der *Niedersächsische Verbund zur Lehrerbildung* (nachfolgend *Verbund* genannt). Es handelt sich um ein deutschlandweit in seiner Form einzigartiges Gremium, dessen Entstehung und Arbeitsweise im Folgenden kurz dargestellt werden soll.

4.1 Qualitätssicherung in der Lehrkräftebildung durch ein landesweites Gremium: der Niedersächsische Verbund zur Lehrerbildung

Der Verbund entstand in den ersten Jahren des neuen Jahrtausends, als die Hochschulen im Bereich der Lehramtsausbildung deutschlandweit im Rahmen der Bologna-Reform mit der Umstellung vom Staatsexamen auf das zweigliedrige Bachelor- und Mastersystem einen großen Kraftakt zu bewältigen hatten. In regelmäßigen Zusammenkünften tauschten sich hier Vertreterinnen und Vertreter der niedersächsischen lehrkräftebildenden Hochschulen, des Ministeriums für Wissenschaft und Kultur sowie des Kultusministeriums aus, um gemeinsam Lösungsstrategien für die neuen Herausforderungen der Umstellung auf das Bachelor- und Mastersystem zu entwickeln. Die Zusammenkunft im informellen Netzwerk half bei der Umsetzung der anstehenden Reformprozesse – nicht zuletzt deshalb, weil Probleme rasch identifiziert, direkt und auf kurzem Wege kommuniziert und so leichter gelöst werden konnten. Der Erfolg der gemeinsamen Arbeit ließ die Akteure beschließen, das informelle Forum fortzuführen und auf andere Themen der Lehrkräftebildung auszuweiten. Aus standortübergreifender Perspektive arbeitet man deshalb bis heute an der Abfassung gemeinsamer Entwicklungsziele, der Abstimmung verschiedener Maßnahmen und an Empfehlungen und Eckpunktepapieren für die Lehrkräftebildung. Die Verbundarbeit wird durch eine Geschäftsstelle unterstützt. Außerdem bearbeiten zeitlich befristete Arbeitsgruppen jeweils dezentral aktuelle Themen und bereiten sie für die Diskussion im Verbund vor. Die gemeinsame Arbeit ist geprägt von gegenseitigem Lernen, dem Austausch von Best-Practice-Beispielen und einer offenen Diskussion.

4.2 Aktuelle Themen der Verbundarbeit: ein Auszug

Die vielfältigen Herausforderungen, mit denen sich die Lehrkräftebildung konfrontiert sieht, spiegeln aktuelle politische und gesellschaftliche Fragen wider. In unserer zunehmend von Vielfalt geprägten Gesellschaft sind beispielsweise Themen wie Heterogenität, Deutsch als Zweitsprache und interkulturelle Kompetenzen schon seit Längerem ein wichtiger Bestandteil der universitären Lehrkräftebildung. Rückenwind erhielten diese Themen sicherlich auch durch die europäischen Migrationsherausforderungen im Jahr 2015. Der Verbund initiierte und unterstützte hier beispielsweise die Gründung von Sprachlernprojekten in Niedersachsen, in denen Lehramtsstudierende für den Sprachunterricht für Geflüchtete qualifiziert wurden.

Vor dem Hintergrund der Folgen der Corona-Pandemie ist ein anderes Querschnittsthema – die Digitalisierung in der Lehrkräftebildung – noch stärker als bisher in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung gelangt. In Bewegung ist das Thema hier bereits seit Längerem: So hat die KMK in ihrem Strategiepapier *Bildung in der digitalen Welt* beschrieben, über welche Kompetenzen Lehrkräfte in diesem Bereich verfügen sollten, um Schülerinnen und Schüler adäquat auf eine zunehmend digitalisierte Welt vorbereiten zu können (KMK, 2016). Kompetenzen im Bereich Digitalisierung werden aktuell auch in vielen Projekten der zusätzlichen Förderrunde der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* in den Blick genommen. Im Verbund wurde Ende 2018 zum Thema Digitalisierung das MWK-geförderte *Entwicklungsprojekt Basiskompetenzen Digitalisierung für alle niedersächsischen Lehramtsstudiengänge* ins Leben gerufen. In Zusammenarbeit mit Vertreterinnen und Vertretern der Fachcommunities aus den Bereichen Informatik, Medienpädagogik und Medienwissenschaft werden hier Basiskompetenzen im Bereich Digitalisierung für die Lehrkräftebildung identifiziert und beispielhaft darauf ausgerichtete Seminarkonzepte entwickelt. Teil dieses Prozesses ist dabei auch die Frage, über welche Kompetenzen im Bereich Digitalisierung tatsächlich alle Lehrkräfte verfügen sollten und welche Kompetenzen eher in den Bereich möglicher Spezialisierungen zu verlagern sind. In Abstimmung mit allen niedersächsischen lehrerbildenden Hochschulen sollen Wege ermittelt werden, mittels derer diese Kompetenzen niedersachsenweit Eingang in die Lehramtsausbildung finden können.

Heterogenität und Digitalisierung sind nur zwei von vielen Beispielen dafür, dass Lehrkräfte im Zuge von teils immer rasanteren gesellschaftlichen Veränderungsprozessen mit immer mehr und zunehmend vielschichtigen Querschnittsthemen konfrontiert sind. Diese müssen sie so antizipieren, durchdringen und schließlich für ihren Unterricht aufbereiten, dass Schülerinnen und Schüler ausreichend darauf vorbereitet werden, unsere komplexer werdende Gesellschaft mitgestalten zu können. In der Verbund-AG *Curriculumentwicklung* wurde darüber beraten, wie die eingeforderte Vermittlung dieser immer zahlreicher werdender (Basis-)Kompetenzen für Lehrkräfte wissenschaftlich fundiert Eingang in die hochschulischen Curricula finden kann – ohne die Studiengänge mit zusätzlichen (Pflicht-)Veranstaltungen zu überlasten. Die Verbund-AG suchte hier den bundesweiten wissenschaftlichen Austausch: Im Herbst 2019 veranstaltete der Verbund gemeinsam mit der Hochschulrektorenkonferenz an der Universität Osnabrück eine Tagung mit dem Titel *Lehrer*innen als Alleskönner – Querschnittsthemen zwischen Professionsanspruch und De-Professionalisierung*. Hier wurden verschiedene Ansätze zur Integration der Querschnittsthemen in die Curricula diskutiert (z. B. eine Kombination von integrativen und additiven Komponenten, fächerüber-

greifende Strukturen oder – eher für den Bereich der Spezialisierung in Frage kommende – Zertifikatsprogramme). Die Ergebnisse der AG-Arbeit und des wissenschaftlichen Austausches wurden gesichert und für die Diskussion im Verbund aufbereitet.

Der Verbund entwickelt regelmäßig auch Eckpunktepapiere und Empfehlungen zu verschiedenen Themen, die der inhaltlichen Orientierung an den unterschiedlichen niedersächsischen Hochschulstandorten dienen sollen. So wurden beispielsweise für das Thema *Internationalisierung in der Lehrkräftebildung* Empfehlungen erarbeitet, die dazu beitragen sollen, dass Studierende ohne Studienverlängerung Teile des Lehramtsstudiums im Ausland absolvieren und so Lernerfahrungen in internationalen Kontexten erwerben können. Der Verbund entwickelt auch konkrete Orientierungshilfen für verschiedene Themen. Die AG *Umfragen und Erhebungen* beispielsweise erarbeitete eine Handreichung und Formularvorlagen, die Studierende und Forschende bei der erlass- und gesetzeskonformen Umsetzung von Umfragen und Erhebungen an Schulen unterstützen sollen.

Die Corona-Pandemie stellt auch die Lehrkräftebildung vor besondere Herausforderungen. Der Verbund hat deshalb Task Forces eingerichtet, die sich mit verschiedenen Problemen für die universitäre Lehrkräftebildung im Zuge der Pandemie auseinandersetzen. Hier geht es beispielsweise in der Task Force *Going Abroad* um die Frage, wie mit dem Umstand umgegangen werden soll, dass die für viele Lehramtsstudierende verpflichtenden studienrelevanten Auslandspraktika in vielen Fällen derzeit nicht angetreten werden können. In der Task Force *Praktikum* wurden und werden Wege abgestimmt, wie Lehramtsstudierende Schulpraktika und studentische empirische Forschungsarbeiten trotz der Pandemie durchführen können – und in welchem Umfang und wie ggf. notwendige Ersatzleistungen greifen können. Vor dem Hintergrund dieser und anderer Corona-bedingten Herausforderungen sind auf allen Ebenen zügige und dabei immer auch flexible Lösungen notwendig, die über das vielerorts zitierte „Fahren auf Sicht“ hinausgehen. Den niedersächsischen lehrerbildenden Hochschulen im Verbund kommt hier zugute, dass der universitätsübergreifende Austausch, das Profitieren von Erfahrungswerten anderer Hochschulen und das konstruktive Aufgreifen von Best-Practice-Beispielen in enger Abstimmung mit den für die Lehrkräftebildung zuständigen Landesministerien bereits seit Langem etabliert sind und auf diese Strukturen nun in dieser besonderen Situation zurückgegriffen werden kann.

5 Persönliches Resümee

In diesem Beitrag wurden ganz unterschiedliche Themen im Kontext schulischer Bildung angerissen, ohne sie an dieser Stelle vertiefen zu können. Sie alle bewegen sich in einem Feld, das interdisziplinäres Arbeiten sowie Kenntnisse in unterschiedlichen Bereichen und Handlungsfeldern erfordert. An dieser Stelle möchte ich noch einmal auf die persönlichen Worte vom Anfang des Beitrags zurückkommen: In der Arbeitsgruppe von Jürgen Mayer hatte ich Gelegenheit zur Mitarbeit in Projekten zu sehr aktuellen Fragen der empirischen Bildungsforschung, die geknüpft waren an Kooperationen mit vielen verschiedenen Partnern aus anderen Hochschulen, bildungspolitischen Institutionen und aus der Schule. So hat diese Zeit eine wertvolle Grundlage geschaffen für meinen weiteren beruflichen Werdegang und meine heutige Tätigkeit im Bereich der universitären Lehrkräftebildung. Die Arbeit an der Schnittstelle zwischen verschiedenen Disziplinen und Institutionen mit ihren jeweils spezifischen Rahmenbedingungen, Blickwinkeln und Handlungsmöglichkeiten bot damals den Rahmen meiner Arbeit bei Jürgen Mayer und bietet heute im Verbund einige Herausforderungen. Bei gegenseitigem Verständnis für die verschiedenen Anforderungen und Logiken der Institutionen kann diese Arbeit aber für alle Beteiligten auch sehr bereichernd sein und dazu beitragen, eine qualitätsvolle Bildung zu sichern und weiterzuentwickeln.

Literatur

- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1*. Abgerufen am 30.05.2019 von: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2011041537247>
- Grube, C., Hartmann, S. & Mayer, J. (2008). Kompetenzstrukturmodell zum wissenschaftlichen Denken. In M. Prenzel, B. Drechsel, B. Brouër, T. Ehmke, J. Möller & M. Senkbeil (Hrsg.), *71. Tagung der Arbeitsgruppe für Empirische Pädagogische Forschung (AEPF). Kompetenz* (S. 89). Kiel: IPN.
- Grube, C. & Mayer, J. (2010). Wissenschaftsmethodische Kompetenzen in der Sekundarstufe I: Eine Untersuchung zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In U. Harms & I. Mackensen-Friedrichs (Hrsg.), *Lehr-Lernforschung in der Biologiedidaktik, Heterogenität erfassen – individuell fördern im Biologieunterricht (4. Band)* (S. 155–168). Innsbruck: Studienverlag.
- Helmke, A. & Hosenfeld, I. (2004). Vergleichsarbeiten, Standards, Kompetenzstufen: Begriffliche Klärung und Perspektiven. In M. Wosnitza, A. Frey & R. S. Jäger (Hrsg.), *Lernprozess, Lernumgebung und Lerndiagnostik: Wissenschaftliche*

- Beiträge zum Lernen im 21. Jahrhundert* (S. 56–75). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge: MIT press.
- KMK – Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz. Bildung in der digitalen Welt*. Berlin: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017. Abgerufen am 24.04.2019 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- LI Hamburg – Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (Hrsg.) (2010). *Biologie im Kontext. Einführung in den kompetenzorientierten Unterricht*. Abgerufen am 02.06.2019 von: <https://li.hamburg.de/contentblob/2819548/256d291283b56036cd096db67628621d/data/pdf-biologie-im-kontext-einfuehrung-in-den-kompetenzorientierten-biologie-unterricht.pdf>
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 178–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2009). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik (3. Band)* (S. 63–79). Innsbruck: Studienverlag.
- Newell, A. & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- NRC – National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.

Julia Arnold

Wissenschaftliches Denken – die Rolle von prozeduralem Wissen und Methodenwissen beim Forschenden Lernen

Eine besondere Fähigkeit von Jürgen Mayer ist es, das große Ganze zu sehen und Konzepte gewinnbringend zusammenzuführen. Mit seinem Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken verknüpft Jürgen Mayer bspw. die Problemlöseforschung sowie entwicklungs- und kognitionspsychologische Ansätze mit Konzepten aus der Fachdidaktik. Er hebt die Rolle des Methodenwissens hervor: Es sind mehr als nur Fachwissen, manuelle Fertigkeiten und allgemeine kognitive Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Arbeiten notwendig und in der Schule zu fördern. Mit diesen Ansätzen hat er einen fruchtbaren Boden für Forschung und Entwicklung im Bereich Forschendes Lernen und nicht zuletzt für meine wissenschaftliche Laufbahn bereitet. Dafür und für seine Unterstützung möchte ich ihm von Herzen danken.

1 Wissensgesellschaft & Kompetenzorientierung

Im Zusammenhang mit postindustriellen Gesellschaften wird häufig von „Wissensgesellschaften“ gesprochen (Höhne, 2009). Wissensgesellschaften sind charakterisiert „von einem exponentiellen Wachstum des Wissens [...], im Zugriff auf Wissen [...] sowie in der Verteilung von Wissen“ (Reinmann-Rothmeier & Mandl, o. J., o.S.). Das Leben in einer Wissensgesellschaft sowie die entsprechenden Arbeitsmärkte verlangen daher große Flexibilität von den Individuen (Maag Merki, 2009). Um dieser Flexibilitätsforderung gerecht zu werden und weil eine Bildung, die sich an einem fixen Wissenskanon ausrichtet, bei solch raschen Veränderungen nicht adäquat auf das Leben und den Arbeitsmarkt vorbereitet, muss das Wissen als alleinige Bildungsgrundlage hinterfragt werden (Höhne, 2009). Dies ist in der Kompetenzorientierung verschiedener Bildungssysteme, wie bspw. Deutschland und der Schweiz, umgesetzt: Es stehen nicht mehr spezifische Wissensinhalte, die es inputgesteuert zu vermitteln gilt, als Lehrziele im Vordergrund. Stattdessen sollen Lernende Kompetenzen erwerben, um sich in der Gesellschaft flexibel und im Sinne lebenslangen Lernens behaupten zu können (Klieme, 2004).

Der Begriff der Kompetenz wird dabei jedoch nicht einheitlich definiert (Weinert, 2001a). Eine basale Definition umschreibt Kompetenz als Fähigkeit, etwas Bestimmtes zu tun (Maag Merki, 2009). Damit wird der Handlungsbezug von Kompetenzen deutlich. Dem Linguisten Chomsky zufolge (1969) sind

Kompetenzen die Grundlage für Performanz und stellen somit „notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln dar“ (Maag Merki, 2009, S. 494). Dies wird auch an der vielzitierten Kompetenzdefinition von Weinert (2001b) deutlich, die bspw. auch motivationale Faktoren einschließt. Jedoch äußern sich Kompetenzen nur in ihren Produkten, also in Handlungen, was sie somit (empirisch) nicht von diesen trennbar macht (Klieme et al., 2003). Dieser Anwendungsbezug impliziert situationsspezifisches Wissen als Grundlage. Somit ist es schwierig, die Rolle des Wissens für spezifische Kompetenzen zu beschreiben und zu untersuchen. In diesem Beitrag wird ausgehend vom Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken von Jürgen Mayer (2007) behandelt, welche Rolle das Wissen für den Erwerb von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Rahmen des Forschenden Lernens spielen kann. Die Arbeiten von Jürgen Mayer zum Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung bilden den Ausgangspunkt der im Folgenden dargestellten Überlegungen und Studien.

2 Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind integraler Bestandteil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*) und damit ein international anerkanntes Ziel der Schulbildung (Bybee, 2006). Jürgen Mayer (2007) beschreibt die Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in Form des Wissenschaftlichen Denkens als relativ komplexen, kognitiven und wissensbasierten Problemlöseprozess, der Naturphänomene zum Inhalt hat und bei dem spezifische Prozeduren zur Anwendung kommen. In seinem Modell beschreibt er vier Problemlöseprozeduren (Fragestellungen entwickeln, Hypothesen aufstellen, Untersuchungen planen und Ergebnisse auswerten) und berücksichtigt darüber hinaus verschiedene Wissensdimensionen: Seinem Modell zufolge wird die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Probleme erfolgreich zu lösen, neben kognitiven Fähigkeiten durch deklaratives und prozedurales Wissen beeinflusst, wobei das deklarative Wissen Fachwissen über den spezifischen Problembereich und Methodenwissen beinhaltet.

3 Forschendes Lernen und Unterstützungsbedarfe

In unterschiedlichen Studien konnte gezeigt werden, dass die Schülerfähigkeiten im Bereich des Wissenschaftlichen Denkens hinter den erwarteten Leistungen zurückbleiben (z. B. Hammann, Hoi Phan, Ehmer & Grimm, 2008; Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005; Kuhn & Dean, 2005). Zur entsprechenden Förderung des Wissenschaftlichen Denkens wird die Methode des Forschenden Lernens empfohlen, bei der die Lernenden selbstständig Hypothesen generieren, Untersuchungen planen, durchführen und auswerten (Mayer & Ziemek, 2006). Die Lernförderlichkeit dieser Methode für das Wissenschaftliche Denken konnte bereits gezeigt werden (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2009; Hof, 2011). Allerdings ist die Studienlage uneindeutig (Hattie, 2009), was nicht zuletzt darauf zurückzuführen ist, dass die Effektivität des Forschenden Lernens u. a. vom Grad der Offenheit abhängt. Es wird argumentiert, dass die Offenheit, vor allem bei schwachen Lernenden, zu hoher kognitiver Belastung führt, und daher nicht effektiv sein kann (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Andererseits kann die direkte Instruktion die komplexe Natur der Naturwissenschaften nicht authentisch abbilden (Chinn & Malhotra, 2002) und ist nicht konsistent mit konstruktivistischen Sichtweisen von Lernen (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Daraus wird ersichtlich, dass die Unterstützung der Lehrperson beim Forschenden Lernen ein zentraler Faktor ist. Der Ansatz des angeleiteten Forschenden Lernens (*Guided inquiry*; Furtak, 2006) scheint hier eine Lösung darzustellen, denn er kombiniert die Essenz des offenen Forschenden Lernens mit instruktionaler Unterstützung. Durch die zeitweise Unterstützung oder Anleitung wird der Grad der Offenheit reduziert. Allerdings stellt es eine große Herausforderung für Lehrpersonen dar, situational darüber zu entscheiden, wann welche Unterstützungen notwendig sind und wie trotzdem der forschende Charakter aufrechterhalten werden kann (Crawford, 2000). Daher ist es sinnvoll, zumindest teilweise standardisierte Lernunterstützungen für das Forschende Lernen zu entwickeln und für die Förderung bereitzustellen. Bisher fehlen jedoch Studien, die untersuchen, wie das Forschende Lernen für den Erwerb Wissenschaftlichen Denkens lernwirksam begleitet werden kann.

Um spezifischen Unterstützungsbedarf beim Forschenden Lernen und Ansatzpunkte für eine Förderung zu identifizieren, wurden zwei qualitative Videostudien durchgeführt (Arnold, Kremer & Mayer, 2014; Völzke, Arnold & Kremer, 2013). Es konnte festgestellt werden, dass die Lernenden beim Experimentieren häufig Probleme in der konkreten Umsetzung (bspw. bei der Festlegung von Messzeiten) haben, also nicht wissen, *wie* vorzugehen ist, und bspw. von Hilfestellungen auf prozeduraler Ebene profitieren könnten. Weiterhin

konnte gezeigt werden, dass sich Lernende beim Experimentieren häufig nicht im Klaren darüber sind, *warum* sie beim Experimentieren manche Dinge tun.

4 Prozedurales und deklaratives Wissen

Zwar ist die Unterscheidung zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen in der Praxis nicht ohne Weiteres trennscharf möglich (Rittle-Johnson & Schneider, 2015), jedoch ist die Modellierung in distinkten Kategorien sinnvoll, um entsprechende Fördermaßnahmen entwickeln und untersuchen zu können. Im Folgenden werden sie daher für das Wissenschaftliche Denken differenziert beschrieben.

Das prozedurale Wissen beschreibt das Wissen darüber, welche Teilprozeduren existieren und wie diese anzuwenden sind. Es handelt sich also um das Wissen, *wie* die einzelnen Schritte des Problemlöseprozesses auf das jeweilige Problem anzuwenden sind. Jürgen Mayer (2007) identifiziert vier Teilprozeduren des Wissenschaftlichen Denkens, die mit den Teilprozessen des Problemlösens parallelisiert werden können. Daraus resultieren die vier Teilkompetenzen Wissenschaftlichen Denkens zum Generieren von Fragestellungen und Hypothesen, dem Planen von Untersuchungen und der Deutung von Ergebnissen. Dieses vierdimensionale Modell konnte bereits empirisch bestätigt werden (Mayer et al., 2008; Mayer & Wellnitz, 2014) und wurde später innerhalb der Arbeitsgruppe noch erweitert (Meier, 2016). Jede dieser vier Prozeduren beinhaltet wieder Aspekte, die jeweils zu berücksichtigen sind (Arnold, Boone, Kremer & Mayer, 2018).

Weiterhin unterscheidet Jürgen Mayer auf deklarativer Ebene zwischen Fachwissen und Methodenwissen (2007). Das Fachwissen umfasst das fachlich-inhaltliche Wissen über die jeweiligen (biologischen) Phänomene, die den Kontext der Untersuchung bilden. Dies beinhaltet das Wissen über bzw. Verständnis für Fakten, Konzepte, Gesetze und Theorien, die für die Lösung des Problems notwendig sind. Das Fachwissen ist jedoch nicht nur Einflussfaktor beim Forschenden Lernen, sondern kann auch selbst Lernziel sein. Da in diesem Beitrag jedoch auf den Erwerb von Wissenschaftlichem Denken Bezug genommen wird, steht auf deklarativer Ebene das Methodenwissen im Vordergrund. Es umfasst das Wissen über bzw. Verständnis für naturwissenschaftliche Methoden, deren Grenzen und Möglichkeiten. Es ist das „Wissen hinter dem Tun“ (Roberts, 2001), wobei das Tun sich konkret auf die Teilkompetenzen und Kompetenzaspekte Wissenschaftlichen Denkens bezieht. Das Methodenwissen hat spezifische Konzepte über Inhalt, Zweck und Funktion einzelner Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens zum Inhalt und kann auch als „*Wissen*,

warum“ bezeichnet werden. Hierbei kann die Antwort auf das „Warum“ immer auf die Gütekriterien wissenschaftlichen Arbeitens zurückgeführt werden (Glaesser, Gott, Roberts & Cooper, 2009).

5 Helfen Hilfen – oder: Hilft Wissen beim Kompetenzerwerb?

Um herauszufinden, welche Rolle die beiden Wissensarten für den Erwerb Wissenschaftlichen Denkens spielen, wurden entsprechend dem Unterstützungsbedarf zwei Unterstützungsformate entwickelt: (1) Gestufte Lernhilfen zur Unterstützung des prozeduralen Wissens (Arnold & Kremer, 2012, 2013; Bruckermann, Arnold, Kremer & Schlüter, 2017) und (2) Diskursiv-reflexive Szenarien (*Concept Cartoons*) zur Unterstützung des Methodenwissens (Arnold, Kremer & Mayer, 2017). In einer quasi-experimentellen Studie wurden die beiden Unterstützungsformate zur Förderung des prozeduralen Wissens und des Methodenwissens beim Forschenden Lernen untersucht und es konnte gezeigt werden, dass sich beide Formate eignen, die Kompetenzentwicklung zu fördern (Arnold, 2015; Arnold et al., 2017). Dadurch konnte auch gezeigt werden, dass sowohl dem prozeduralen Wissen als auch dem Methodenwissen eine wichtige Rolle beim Erwerb Wissenschaftlichen Denkens zukommt. Somit kann bestätigt werden, dass diese Wissensarten eine Grundlage der Kompetenz des Wissenschaftlichen Denkens bilden. Diese Erkenntnisse stützen das theoretische Modell von Jürgen Mayer (2007). Jedoch – und hier kann der Titel eines Artikels von Aleven und Kollegen (2016) zitiert werden: „Help Helps, But Only So Much“ – Wissen alleine genügt nicht. Darauf verweist auch die Kompetenzdefinition von Weinert (2001b), in der unter anderem die Motivation als Bestandteil von Kompetenz angeführt wird. So hat sich bspw. in der oben genannten Studie gezeigt, dass die Hilfen überhaupt nur unzureichend genutzt werden. Welche Rolle motivationale Faktoren wie z. B. Interesse, das Fähigkeitsselbstkonzept oder Zielorientierungen für die Hilfen-Nutzung und somit den Kompetenzerwerb spielen, ist Gegenstand aktueller Forschung (Lüscher & Arnold, 2020).

Literatur

Aleven, V., Roll, I., McLaren, B. & Koedinger, K. (2016). Help Helps, But Only So Much: Research on Help Seeking with Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 205–223. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0089-1>

- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.
- Arnold, J. & Kremer, K. (2012). Lipase in Milchprodukten – Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule*, 61(7), 15–20.
- Arnold, J. & Kremer, K. (2013). Hilfe für Kannenpflanzen. In P. Schmiemann & J. Mayer (Hrsg.), *Experimentieren Sie! Biologieunterricht mit Aha-Effekt – Selbstständiges, kompetenzorientiertes Erarbeiten von Lehrplaninhalten* (S. 26–28). Berlin: Cornelsen.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Schüler als Forscher – Experimentieren kompetenzorientiert unterrichten und beurteilen. *Mathematisch und naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU)*, 67(2), 83–91.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen – Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Arnold, J.C., Boone, W.J., Kremer, K. & Mayer, J. (2018). Assessment of Competencies in Scientific Inquiry Through the Application of Rasch Measurement Techniques. *Education Sciences*, 8(4), 184. <https://doi.org/10.3390/educsci8040184>
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K. & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen: Fachdidaktische Fundierung in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen in der Biologie: Theoretische Fundierung und didaktische Formate für die Hochschule* (S. 11–26). Berlin: Springer.
- Bybee, R.W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (S. 1–14). Dordrecht: Springer.
- Chinn, C.A. & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sci.10001>
- Chomsky, N. (1969). *Aspekte der Syntax-Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Crawford, B.A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200011\)37:9<916::AID-TEA4>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200011)37:9<916::AID-TEA4>3.0.CO;2-2)
- Furtak, E.M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453–467. <https://doi.org/10.1002/sci.20130>
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D.C. (2009). *Recent Experimental Studies of Inquiry-Based Teaching: A Meta-Analysis and Review*. European Association for Research on Learning and Instruction, August 25–29, Amsterdam, Netherlands.
- Glaesser, J., Gott, R., Roberts, R. & Cooper, B. (2009). Underlying Success in Open-Ended Investigations in Science: Using Qualitative Comparative Analysis to Identify Necessary and Sufficient Conditions. *Research in Science & Technological Education*, 27(1), 5–30. <https://doi.org/10.1080/02635140802658784>

- Hammann, M., Hoi Phan, T.T., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656113>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, New York: Routledge.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University Press.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Höhne, T. (2009). Wissen. In S. Andresen, R. Casale, T. Gabriel, R. Horlacher, S. Larcher Klee & J. Oelkers (Hrsg.), *Handwörterbuch Erziehungswissenschaft* (S. 897–911). Weinheim: Beltz.
- 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. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 56(6), 10–13.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., . . . Vollmer, H.J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x>
- Lüscher, A.D. & Arnold, J. (2020). Selbstständiges Experimentieren fördern. *Schulblatt AG/SO*, (8), 33.
- Maag Merki, K. (2009). Kompetenz. In S. Andresen, R. Casale, T. Gabriel, R. Horlacher, S. Larcher Klee & J. Oelkers (Hrsg.), *Handwörterbuch Erziehungswissenschaft* (S. 492–506). Weinheim: Beltz.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 63–79). Innsbruck: Studienverlag.
- Mayer, J. & Wellnitz, N. (2014). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 19–29). Berlin: Springer.

- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (o.J.). Wissen. In Spektrum Akademischer Verlag (Hrsg.), *Lexikon der Psychologie*. Abgerufen am 03.02.2021 von: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/wissen/16892#>
- Rittle-Johnson, B. & Schneider, M. (2015). Developing Conceptual and Procedural Knowledge of Mathematics. In R. Cohen Kadosh & A. Dowker (Hrsg.), *Oxford handbook of numerical cognition* (S. 1112–1118). Oxford: University Press.
- Roberts, R. (2001). Procedural understanding in biology: the thinking behind the doing. *Journal of Biological Education*, 35(3), 113–117. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655758>
- Völzke, K., Arnold, J. & Kremer, K. (2013). Schüler planen und beurteilen ein Experiment – Denken und Verstehen beim naturwissenschaftlichen Problemlösen. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung (ZISU)*, 2(1), 58–86. <https://doi.org/10.3224/zisu.v2i1.17410>
- Weinert, F.E. (2001a). Concept of competence: A conceptual clarification. In D.S. Rychen & L.H. Salganik (Hrsg.), *Defining and selecting key competencies* (S. 45–65). Ashland, OH: Hogrefe & Huber Publishers.
- Weinert, F.E. (2001b). Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.

Lernunterstützungen als Werkzeug individualisierter Förderung im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess

„Wenn Sie sich vorstellen können, eine Promotion in diesem Bereich anzulegen, dann haben Sie die Stelle und können morgen loslegen.“ Worte aus meinem (Monique Meier) Vorstellungsgespräch Ende 2008 an der Universität Gießen mit Jürgen Mayer, das beiderseitig eigentlich keine Vorstellungsfunktion mehr hatte, sondern den Einstieg in eine sehr viele Jahre andauernde Zusammenarbeit symbolisierte. Bereits nach den ersten Telefonaten mit Jürgen Mayer zu dieser Promotionsstelle und im Nachklang des Gesprächs auf der Zugfahrt in die damalige Heimat war ich mir sicher, in der Arbeitsgruppe von Jürgen Mayer ein fruchtbares, offenes, wertschätzendes Arbeitsumfeld mit zentraler inhaltlicher Ausrichtung zu finden und angehen zu dürfen. Diese Entscheidung stellt sich für mich rückblickend nach mehr als 10 Jahren intensiver Gespräche, Diskussionen und Zusammenwirkens im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als eine der prägendsten, wertvollsten und weitreichendsten in meiner persönlichen Entwicklung und vor allem in meinem beruflichen Dasein dar. Mein Dank an Jürgen Mayer, mich auch in schwierigen, emotionalen Situationen in der Promotion unterstützt, nach dem Referendariat wieder ‚eingefangen‘, familiäre Entscheidungen beruflich mitgetragen sowie den Raum zur freien, eigenen (Forschungs-)Entfaltung gegeben zu haben, einhergehend mit der Betreuung von Promovierenden, wie Marit Kastaun, lässt sich nicht gebührend in Worte fassen und mündet daher in der Verwirklichung dieser Festschrift. Den vielen Menschen, die Jürgen Mayer in seinem fachdidaktischen Wirken vorangebracht, begleitet und unterstützt hat, die Möglichkeit zu bieten, ihre Sichtweise auf diese herausragende Forscherpersönlichkeit in diesem Band darzulegen, soll meinen ganz persönlichen Dank an Jürgen Mayer widerspiegeln.

1 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung – Beschreiben, Messen und Fördern

Das 21. Jahrhundert startete mit einem Aufruhr in der Bildungslandschaft: Der PISA-Schock hat für Entsetzen gesorgt, gleichzeitig aber auch bereits angelaufene Bildungsreformen forciert und Veränderungen auf politischer und schulischer Ebene vorangetrieben. Die durch PISA 2000 offengelegten Defizite in der Schulbildung und dem Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich standen einer konträren Erwartungshaltung an das nationale Leistungsprofil gegenüber und wurden in der Folge im bildungs-

1 geb. Marit Hoch

politischen Kontext als problematisch eingestuft. Zusammen mit dem bereits 1997 formulierten Konstanzer Beschluss der Kultusministerkonferenz zur „Durchführung regelmäßiger länderübergreifender Vergleichsuntersuchungen zum Lern- und Leistungsstand von Schülerinnen und Schülern“ (KMK, 1997, S. 1) waren die Bedingungen für ein Impact dieses internationalen Rankings im deutschen Bildungsbereich geschaffen (Martens & Niemann, 2013). Die Einführung bundesweit geltender Bildungsstandards zum Zweck der Qualitätssicherung folgte nahezu unmittelbar (ab 2003) sowie ein daran angebundenes Bildungsmonitoring zu deren Überprüfung (KMK, 2005). Auch wenn schon vorher aus dem Biologieunterricht nicht wegzudenken, liegt in diesen politischen Entscheidungen und Strukturen die Geburtsstunde der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung mit hoher Bedeutsamkeit für die Ausbildung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*, Baumert et al., 1999) in Schule. Als einer von vier Kompetenzbereichen wird ihr ein besonderes Interesse sowohl in der Bildungs- und Unterrichtsforschung in Schule und Hochschule als auch in der Unterrichtsentwicklung beigemessen, was sich bereits wenige Jahre nach der Einführung in einer Vielzahl von Publikationen zu konzeptionellen Ansätzen und (ersten) empirischen Erkenntnissen niederschlägt (Rieß & Robin, 2012). Das zum aktuellen Zeitpunkt in vielen Wissensfacetten vorherrschende klare Bild zu dem, was naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung bedeutet, was sie beinhaltet, was sie fordert und was es zu fördern gilt, lässt sich in drei wesentliche Stränge einteilen – *Beschreiben, Messen, Fördern von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (scientific inquiry)* – und ist auf die Aktivitäten vieler Forscherinnen und Forscher (einschließlich Jürgen Mayer und seiner Arbeitsgruppe), Praktikerinnen und Praktiker u. a. in den vergangenen Jahren zurückzuführen.

Der Kompetenzmessung liegt eine Kompetenzbeschreibung zugrunde, ebenso wie der Kompetenzförderung wiederum die (empirisch) beschriebenen Erkenntnisse zu den jeweiligen Kompetenzen und deren Operationalisierung zur Messung und Diagnostik zugrunde liegen. Folglich sind die skizzierten Stränge nicht trennscharf zu betrachten, aber mit Blick auf die hier geleisteten Forschungsarbeiten wurden punktuelle Wissens- und Fähigkeitsbereiche aufgedeckt und damit Teile zum Gesamtkonstrukt von *scientific inquiry* beigetragen. Qualitativ wurde beispielsweise das Augenmerk auf die gegenstandsbezogene Beschreibung von Schülerfähigkeiten beim realen Experimentieren sowie den hierbei auftretenden Hürden bei den Lernenden gelegt (u. a. Meier, 2016; Baur, 2018). In einem größeren Umfang wurden, ebenfalls qualitativ über die Analyse von Schülerantworten zu offenen Aufgaben, Schülerfehler beim Experimentieren beschrieben sowie in der quantitativen Auswertung der Antworten Kompetenzdefizite aufgedeckt (u. a. Grube, 2011; Hamann, Hoi Phan, Ehmer & Grimm, 2008). Damit einhergehend fanden umfangreiche Kompe-

tenzmodellierungen und deren empirische Prüfung statt, die in etablierten normativen und deskriptiven (Kompetenz-/Wissens-)Strukturmodellen, wie z. B. dem Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer, 2007) und dem ESNaS-Kompetenzmodell zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (u. a. Wellnitz et al., 2012; s. auch Fischer et al. in diesem Band) mündeten. Die umfangreichen Erkenntnisse über das, was Schülerinnen und Schüler in der Ausprägung der Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung können sollten und welche Defizite hier vorliegen, eröffnete wiederum ein weites Feld der Förderung jener Kompetenzen über methodisch angepasste Lernwege/-konzepte, wie dem Forschenden Lernen (u. a. Mayer & Ziemek, 2006) und der Entwicklung von Lernunterstützungen.

2 Lernunterstützungen im Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Zur Minimierung und Überwindung der fachlichen und fachmethodischen Hürden, auf die Schülerinnen und Schüler im Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, wie z. B. beim Experimentieren, stoßen, rücken verschiedene Formen von Lernunterstützungen in den Blickpunkt des Interesses von Forschung und Unterricht (s. auch Arnold in diesem Band). Dem Einsatz von Lernunterstützungen in forschend angelegten Unterrichtsszenarien liegt ein konstruktivistisches Bestreben zugrunde, in dem Lernende selbstreguliert und möglichst selbstständig Entscheidungen zum Vorgehen beim Experimentieren treffen, diese umsetzen und reflektieren. Direkte Instruktionen in angeleiteten Experimentierprozessen widersprechen diesem Anspruch des Konstruktivismus (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007) und würden dem in offenen bzw. geöffneten Experimentalsettings zumeist verorteten Lehr-Lernkonzept zum Forschenden Lernen zumindest in Teilen seinen wissenschaftsnahen, authentischen (Lern-)Charakter nehmen (Chinn & Malhotra, 2002). Über den Grad der Öffnung in den Prozessphasen beim Experimentieren (z. B. Frage/Hypothese = Lehrkraft, Planung = Lernende, Mayer & Ziemek, 2006) kann der Einsatzspielraum von Lernunterstützungen skizziert werden. Im Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung können sie an unterschiedlichen Stellen im zeitlichen Prozessverlauf vom Lernenden genutzt werden, d. h. sowohl phasenbezogen als auch in unterschiedlicher Ausprägung innerhalb einer Prozessphase, die ebenso in einem unterschiedlichen Grad an Öffnung an die Lernenden herangetragen werden können. In der Planungsphase beispielsweise können die Lernenden nach einer vorgegebenen Anleitung arbeiten, eine Anleitung aus verschiedenen Möglichkeiten auswählen so-

wie selbst ein Vorgehen mit oder ohne Hilfen planen (Baur, Hummel, Emden & Schröter, 2020). Mit Blick auf den Zeitpunkt einer gegebenen Lernunterstützung handelt es sich bei dennoch zumeist vorliegender Phasenspezifität der eingesetzten Lernunterstützungen um instruktionale, kognitive Hilfen mit strukturierender, einschränkender oder übergreifender Funktion im Lernprozess bzw. *inquiry process* (de Jong, 2006). Die hierbei ‚just-in-time‘ gegebenen Informationen/Hilfen zeigen sich effektiver als dem Lernprozess vorangestellte Hilfen, wie z. B. in Form von Trainings (Hulshof & de Jong, 2006; Thillmann, Künsting, Wirth & Leutner, 2009).

Neben dem Zeitpunkt einer möglichen Lernunterstützung im Erkenntnisprozess unterscheiden sich diese im Format (z. B. *prompts*: Lai & Calandra, 2010; Davis, 2010; Bruckermann, Aschermann, Bresges & Schlüter, 2017; *worked samples*: Kaiser, Mayer & Malai, 2018; gestufte Lernhilfen: Arnold, Kremer & Mayer, 2016; Generieren und Testen: Kaiser & Mayer, 2019; Erichsen & Mayer, 2015; Feedback: Shute, 2008; Hess, Werker & Lipowsky, 2018) und einer formatspezifischen Darstellung (z. B. Repräsentationsformat/-kombinationen: Kastaun & Meier, 2018; Kastaun & Meier, 2021) sowie der Interaktion mit dem Lernenden und der Anpassungsfähigkeit an die Lernenden und ihre Handlungen. Bezogen auf letzteres Merkmal bzw. als Unterscheidungskriterium können übergreifend fast alle Formate an Lernunterstützungen als *scaffolds* zusammengefasst werden, die sich je nach ihrem Grad an Adaptivität als *hard* oder *soft scaffold* deklarieren lassen. *Scaffolds* sind gerüstartige Lernunterstützungen, welche an die Lernvoraussetzungen angepasst und mit fortschreitender Entwicklung der Fähigkeiten der Lernenden ausgeschlichen, d. h., schrittweise immer weiter im Lernprozess reduziert und schließlich ganz eingestellt werden (Wu & Pedersen, 2011). Sie sind abzugrenzen von reinen *supports*, wie Werkzeuge und Funktionen, die es ebenso zur Bearbeitung einer Aufgabe braucht, die jedoch fortwährend da sind und von allen Lernenden gleichermaßen genutzt werden (müssen) (Fretz et al., 2002). Im Gegensatz zu *hard scaffolds*, die vor dem Lernprozess aufbereitet werden, statisch sind und typische Schülerfehler im Lern-/Arbeitsprozess adressieren, handelt es sich bei *soft scaffolds* um dynamische, situationsspezifische Hilfen, die zumeist von den Lehrenden in der direkten Situation individuell an die Lernenden gegeben werden (Brush & Saye, 2002). Sowohl in der Art der Darstellung des Inhaltes als auch in der Einbindung in den Lernprozess von *hard* und *soft scaffolds* lassen sich unterschiedliche Individualisierungsansätze beschreiben, die im Folgenden anhand von zwei Praxisbeispielen skizziert werden.

2.1 Praxisbeispiel: individualisierte Förderung mittels unterschiedlicher Repräsentationen in Form von Lernunterstützungen beim Experimentieren (*hard scaffolds*)

Lernende individualisiert in ihrem Lernprozess zu unterstützen unterliegt entweder der Annahme genereller, vorliegender Schwierigkeiten (*hard scaffolds*) oder dem pädagogischen Konzept zur gezielten Diagnose des Vorwissens bzw. des aktuellen Wissensstandes (*hard/soft scaffolds*) durch die Lehrkraft, mit Blick auf die Ausgestaltung individualisierter Lernprozesse. Individualisierung und eine mögliche Adaption zielt dabei meist auf ein bestimmtes Lernermerkmal, wie dem (Vor-)Wissen, den Kompetenzausprägungen, den Präferenzen oder Einstellungen, ab (u. a. Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel, 2010; Arnold et al., 2016). Zudem kann sich aus einem möglichen Einfluss auf die aktive Lernzeit durch u. a. unterschiedlich ausgeprägte Repräsentationspräferenzen oder den kognitiven Stil in der Verarbeitung von Informationen durch die Lernenden ebenfalls ein Individualisierungsansatz in der Gestaltung von Instruktionsmaterialien zum Lernen ergeben (Koć-Januchta, Höffler, Eckhardt & Leutner, 2019; Blajenkova & Kozhevnikov, 2009). Die lernerspezifische Repräsentationspräferenz (Mayer & Massa, 2003) bezieht sich dabei auf die Art und Weise, wie Lernende externe Informationen, wie bspw. in Form von Lernunterstützungen, präsentiert bekommen, wohingegen der kognitive Stil (Figl & Recker, 2016; Blajenkova & Kozhevnikov, 2009; Mayer & Massa, 2003) die Präferenzen der internen Informationsverarbeitung beschreibt. Über die Annahmen der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) nach Mayer (2014), dass je nach Codierungsart visuelle sowie auditive Informationen vom sensorischen Gedächtnis und Arbeitsgedächtnis über zwei Kanäle getrennt voneinander verarbeitet und miteinander in Beziehung gestellt werden, können unterschiedliche kognitive Stilrichtungen definiert werden, die mit den Repräsentationsformen, der Informationsverarbeitung und der Ausprägung weiterer Lernermerkmale in Zusammenhang stehen (Höffler, 2010; Blajenkova & Kozhevnikov, 2009). Grundsätzlich werden zwei unterschiedliche, kognitive Stilrichtungen beschrieben – die Verbalisierer und die Visualisierer. Lernende mit einer hohen verbalen Ausprägung des kognitiven Verarbeitungskanals bevorzugen vor allem textliche Repräsentationen und werden daher als Verbalisierer bezeichnet, wohingegen visuell Lernende (Visualisierer) vorrangig bildliche Repräsentationen zur Informationserschließung nutzen (Koć-Januchta, Höffler, Thoma, Pechtl & Leutner 2017; Blajenkova & Kozhevnikov, 2009). Darüber hinaus können die Visualisierer in räumliche und bildliche Typen differenziert werden, da ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung des räumlichen Vorstellungsvermögens und der visuellen Verarbeitung

besteht (Blajenkova & Kozhevnikov, 2009). Bildliche Visualisierer, die meist ein geringes räumliches Vorstellungsvermögen aufweisen, präferieren eher farbige, illustrierte Repräsentationen, wohingegen räumliche Visualisierer mit einem hohen, räumlichen Vorstellungsvermögen vorrangig schematische, abstrakte Visualisierungen zur Informationsverarbeitung nutzen (Höffler, 2010). Ein Individualisierungsansatz kann eine Beachtung dieser kognitiven Stilrichtungen – räumliche und bildliche Visualisierer sowie Verbalisierer im Lernprozess – geben, da sie einhergehend mit der Repräsentationspräferenz auf die Darstellungsweise und Verarbeitung von Repräsentationen abzielen. Die Differenzierung erfolgt daher nicht über die Komplexität des Fachinhaltes und das präsentierte Wissen, sondern über die unterschiedliche Darstellungsweise, Aufbereitung und mögliche Kombinationen aus unterschiedlichen Repräsentationen (z. B. Bild + Text, Bild + Audio). Eine Möglichkeit, diesen Individualisierungsansatz zu verfolgen, wird im Folgenden exemplarisch über die Gestaltung, Konstruktion und den Einsatz von unterschiedlichen Repräsentationen in Form von Lernunterstützungen zum Experimentieren aufgezeigt.

Konstruktion multimedialer Lernunterstützungen zum Experimentieren

Grundlegend werden bei der Erstellung von Lernmaterialien, wie auch Lernunterstützungen, Entscheidungen bezogen auf das umzusetzende Format, zur Integration in den Lernprozess sowie zur Gestaltung im Zusammenspiel mit dem inhaltlichen Niveau und der Darstellungsweise getroffen, um einen positiven Lerneffekt zu erzielen (Mayer & Moreno, 2003; Schnotz & Rasch, 2005). Bei den im Folgenden skizzierten Konstruktionsprozess zu Lernunterstützungen zum Experimentieren wird eine Individualisierung vorrangig über die repräsentationsspezifische Gestaltung angestrebt, wobei vor allem die Darstellungsweise der inhaltlichen Ausrichtung in den Lernunterstützungen von großer Bedeutung ist. Im Zusammenspiel zwischen empirisch geprüften, lernerspezifischen Schwierigkeiten beim Experimentieren (u. a. Baur, 2018; Meier, 2016) mit unterschiedlichen Formaten von *scaffolds* und deren Vor- und Nachteilen (u. a. Puntambekar & Hubscher, 2005; Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008; Sweller, 2005) erfolgt in der hier zugrundeliegenden Studie eine Festlegung zur Konstruktion von *hard scaffolds (prompts)* zu generalisierten, fachmethodischen Inhalten beim Experimentieren. Deren Aufbereitung und Gestaltung wird über unterschiedliche Repräsentationen realisiert, die die Lernenden zu Beginn der naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessphasen der Fragestellung, Planung und Fehleranalyse in der Funktion von Lernunterstützungen digital zur Verfügung gestellt bekommen (eine ausführliche Beschreibung des Studiendesigns kann Kastaun & Meier, 2018 entnommen werden).

Auf Basis kognitionspsychologischer Prinzipien, abgeleitet aus der CTML (Mayer, 2014) sowie der Cognitive Load Theory (CLT: Sweller, 2005), wurden vier unterschiedliche Lernunterstützungen jeweils zum fachmethodischen Wissen der Fragestellung, Planung und Fehleranalyse entwickelt. Da das Multimedia Prinzip (Mayer, 2001), wenn auch nur vage, eine Erhöhung der Lernleistung bei der Kombination von mindestens zwei Repräsentationen zu einem Sachverhalt beschreibt (u. a. Butcher, 2006; Schmidt-Weigand & Scheiter, 2011), wurde bei der Gestaltung der *hard scaffolds* beachtet, dass jede Lernunterstützung aus je zwei unterschiedlichen Repräsentationsarten aufgebaut ist. Mit Blick auf die kognitiven Stile und damit einhergehenden, hypothetisch angenommen Repräsentationspräferenzen wurden vier unterschiedliche Repräsentationskombinationen festgelegt – die statische Bild-Text-Kombination (*Verbalisierer*); die statische Bild-Audio-Kombination (*Visualisierer*); die dynamische Bild-Text-Kombination (= Animation; *Verbalisierer*) und die dynamische Bild-Audio-Kombination (= Video; *Visualisierer*) (Abb. 1), welche inhaltlich je Erkenntnisprozessphase kohärent sind, aber sich in der Kombination der Repräsentationen unterscheiden. Basierend auf dem Kohärenzprinzip (CTML: Mayer & Jackson, 2005; Florax & Plötzner, 2010), das besagt, dass Lernmaterialien nur themenrelevante Informationen repräsentieren sollen, um kognitive Belastungen zu minimieren und ein tieferes Verständnis auf Seiten der Lernenden anzuregen, wurden auf inhaltlicher und gestalterischer Ebene unterschiedliche Entscheidungen in der Konstruktion getroffen. In der Aufarbeitung des relevanten Inhalts wurden die zentralen fachmethodischen Merkmale des Experimentierens in den Phasen der Fragestellung, Planung und Fehleranalyse fokussiert. In der Fragestellung wurden vor allem die Eigenschaften sowie die Formulierungsweise einer wissenschaftlichen Fragestellung inhaltlich festgelegt (Wellnitz & Mayer, 2013; Chinn & Malhotra, 2002). Die Variablenoperationalisierung, einhergehend mit der Definition der abhängigen und unabhängigen Variablen, der Identifizierung von Stör- und Kontrollvariablen sowie die Erstellung eines Messkonzeptes stellen dagegen die zentralen Inhalte der Planungsphase dar (Mayer & Ziemek, 2006; Wellnitz & Mayer, 2013). In der Phase der Fehleranalyse wird vor allem der Rückbezug und die Reflexion der Messdaten zur aufgestellten Hypothese verbunden mit der Identifizierung unterschiedlicher Fehlerarten verdeutlicht (Wellnitz & Mayer, 2013; Mayer & Ziemek, 2006). Auf gestalterischer Ebene wurde eine sehr abstrakte und inhaltlich losgelöste Darstellungsweise angestrebt, sodass die Übertragung der fachmethodischen Inhalte auf unterschiedliche fachbezogene Ausrichtungen eines Experimentes möglich ist. Um einerseits dennoch einen persönlichen Bezug zum Lernenden herzustellen und andererseits einen Wiedererkennungseffekt zwischen den phasenbezogenen Lernunterstützungen zu

(dynamische) Bild - Audio Kombination**(statische) Bild - Text Kombination**

Jedes Experiment, ob es ein physikalisches, chemisches oder biologisches ist, beginnt mit der Beobachtung eines Phänomens. Aus dieser Beobachtung können unterschiedliche Fragen hervorgehen, aus dem du ein Aspekt nun näher in deinem Experiment untersuchst.

Doch was macht eine gute **FRAGESTELLUNG** aus ?

Die Frage, die du dir zum Phänomen stellst, muss in einem Experiment überprüfbar sein. Sie bezieht sich immer auf einen Faktor und dessen möglichen Einfluss auf das Versuchsobjekt. Somit beschreibt sie ein Ursache - Wirkungssystem. Eine wissenschaftliche Fragestellung darf außerdem nicht widersprüchlich sein, sondern muss eindeutig und klar formuliert sein.

Hast du diese Kriterien beachtet und eine Fragestellung zu deinem Phänomen formuliert kannst mit deinem Experiment beginnen.

(dynamische) Bild - Text Kombination

Sie muss eindeutig und klar formuliert sein.

Abbildung 1: Lernunterstützungen in den unterschiedlichen Repräsentationskombinationen zur Prozessphase der Fragestellung: dynamische Bild-Audio-Kombination (Video), statische Bild-Text-Kombination und dynamische Bild-Text-Kombination (Animation). Die statische Bild-Audio-Kombination besteht aus dem Vollbild aus der Bild-Text-Kombination und dem Sprechtext des Videos.

generieren, wurde ein Protagonist in Form eines geschlechtsneutralen Kopfes stringent durch alle Lernunterstützungen genutzt (Abb. 1). Dies geschah auch mit dem Ziel, die kognitiven Belastungen im Verlauf des Erkenntnisprozesses sukzessiv durch eine Gewöhnung an die abstrakte, aber dennoch realitätsannähernde Darstellung zu minimieren. Im Sinne des Redundanzprinzips (CTML: Mayer & Moreno, 2003), des Prinzips der zeitlichen und räumlichen Kontiguität (CTML: Mayer, 2005a; Mayer & Moreno, 2003) sowie der Minimierung des Split-Attention-Effekts (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998; Sweller & Chandler, 1994) wurden die unterschiedlichen Einzelrepräsentationen und deren Informationen entweder in einen direkten Bezug zueinander synchronisiert (bspw. Bild-Text-Kombination) und/oder besonders bei den dynamischen Repräsentation (bspw. Animation) auch in ihrer zeitlichen Abfolge aufbauend und nicht gleichzeitig dargeboten. Im Gegensatz zur Bild-Text-Kombination wurde bei den anderen drei Repräsentationskombinationen darauf geachtet, dass den Lernenden die präsentierten Informationen segmentiert und gestaffelt dargestellt werden. Zudem wurde hier die Möglichkeit geboten, über Start und Stopp der Wiedergabe sowie dem Vor- und Zurückspulen eine Anpassung an die individuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit vorzunehmen (Segmentierungsprinzip: Mayer, 2005b). Beim Video und der Bild-Text-Kombination wurde bei der Aufnahme des Sprechertextes das Stimmprinzip/Personalisierungsprinzip (Mayer, 2005c) angewendet, welches besagt, dass die menschliche Stimme im Gegensatz zu einer computerbasierten die Informationsverarbei-

tung optimiert und ein Gefühl zur sozialen Interaktion mit der digitalgestützten Lernumgebung fördert.

Zur Pilotierung wurden die Lernunterstützungen vor dem Praxiseinsatz bei Schülerinnen und Schülern der 9. und 11. Jahrgangsstufe (Kastaun & Meier, 2019) von Biologie-Lehrkräften ($N = 5$, ♀ = 60 %) und Biologie-Lehramtsstudierenden ($N = 75$, ♀ = 71 %, $M_{\text{Fachsemester}} = 1,77$) genutzt und bewertet. Während die Lehrkräfte die unterschiedlichen Lernunterstützungen zu den einzelnen Phasen kriteriengestützt über Leitfragen zur Verständlichkeit, Vergleichbarkeit und zum inhaltlichen Niveau analysieren sollten, durchliefen die Biologie-Lehramtsstudierenden ebenfalls den naturwissenschaftlichen, experimentellen Erkenntnisweg zu einem ausgewählten Experiment unter Nutzung der unterschiedlichen Lernunterstützungen. Die angehenden Lehrkräfte konnten eine der vier angebotenen Lernunterstützungen zu Beginn der einzelnen Phasen der Fragestellung, Planung und Fehleranalyse frei und eigenständig auswählen. Nach der Nutzung ihrer ausgewählten Lernunterstützung wurden sie angehalten, ihre individuelle Auswahl zu begründen und die Effektivität der Unterstützungsmaßnahme zu bewerten.

In der prozentualen Verteilung zeigt sich, dass alle vier Lernunterstützungen von den Studierenden unterschiedlich genutzt wurden (Abb. 2). Am meisten wurde im Durchschnitt die statische Bild-Text-Kombination (Fragestellung: 43 %; Planung: 38 %, Fehleranalyse: 45 %) gefolgt vom Video (Fragestellung: 29 %; Planung: 31 %, Fehleranalyse: 32 %) gewählt. Die Animation (Fragestellung: 9 %; Planung: 17 %, Fehleranalyse: 13 %) und die statische Bild-Audio-Kombination (Fragestellung: 19 %; Planung: 14 %, Fehleranalyse: 10 %) wurden dagegen am wenigsten genutzt.

Nach der individuellen Auswahl und Nutzung wurden die Studierenden aufgefordert, eine Einschätzung zu den Lernunterstützungen zu geben. Auf die Frage, ob ihnen die Lernunterstützung hilfreich erschien, wurde ein durchweg positiver Eindruck über alle Phasen und alle Repräsentationskombinationen hinweg festgestellt. Einige Studierende betonten die „gute, erneute Zusammenfassung“ (Student, 1. Fachsemester, Bild-Text) sowie die inhaltliche Ausgestaltung: „Nach der Lernunterstützung wusste ich, worauf ich mich fokussieren soll“ (Studentin, 3. Fachsemester, Video) oder „Die Lernunterstützung war hilfreich, weil sehr gut und verständlich die Thematik vorgestellt wurde“ (Student, 1. Fachsemester, Bild-Audio). Andere verwiesen auf die inhaltliche Dichte der Lernunterstützungen, meldeten aber dennoch eine gelungene Umsetzung zurück: „Obwohl viel Inhalt vermittelt wurde, war es dennoch eine gute Vorstellung durch Text verbunden mit dem Video“ (Studentin, 1. Fachsemester, Animation), „Trotz der Fülle an Infos – die wichtigsten Fakten wurden gut dargestellt“ (Student, 3. Fachsemester, Animation). Zur Gestaltung der Lern-

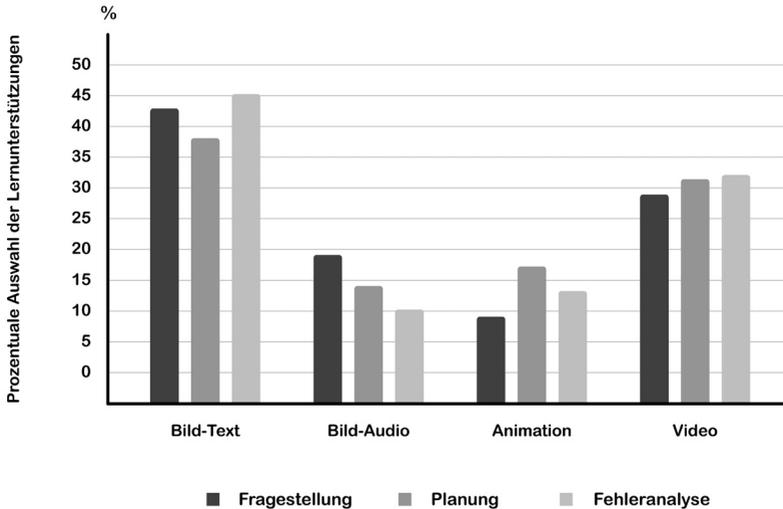


Abbildung 2: Prozentuale Auswahl und Nutzung der Lernunterstützungen von angehenden Biologie-Lehrramtsstudierenden ($N = 75$) im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess.

unterstützungen gaben die Studierenden ein positives Feedback in Bezug auf die Kombination von zwei Repräsentationen ab: „Mir gefällt die Kombination aus Bild und Text, weil das Bild dem Text unterstützend zur Seite steht“ (Student, 1. Fachsemester, Bild-Text), „Die Kombination aus animierten Bildern und Text empfand ich als sinnvoll“ (Studentin, 1. Fachsemester, Animation) oder „Ich finde das Video am ehesten verständlich, da sowohl das Video als auch der Sprecher gleichzeitig ablaufen“ (Student, 3. Fachsemester, Video). Obwohl die visuellen Darstellungen abstrakt, aber dennoch realitätsnah konstruiert wurden, betonten die Studierenden mehrfach die Anschaulichkeit der Lernunterstützungen in Bezug auf die Bilder/Animationen als auch den gesprochenen Text: „Es wurde alles anschaulich erläutert“ (Student, 3. Fachsemester, Video) „Die Darstellungsweise half mir, das Gesagte zu verstehen“ (Studentin, 3. Fachsemester, Bild-Audio) oder „gute Veranschaulichung“ (Student, 1. Fachsemester, Animation).

Ein ähnliches Bild zeigten die Rückmeldungen der Biologie-Lehrkräfte. Besonders bei den auditiven Repräsentationskombinationen wurde die bildliche Darstellungsweise positiv bewertet: „Die Darstellungsweise gefällt mir, da sie übersichtlich ist und dennoch ansprechend für Jugendliche“ (Lehrerin für Gymnasium, Video). In Bezug auf die Verständlichkeit unterschieden sich die Rückmeldungen der Lehrkräfte. Obwohl die Texte in allen Lernunterstützungen identisch konstruiert sind, meldeten einige Lehrerinnen und Lehrer zu-

rück, dass „die Texte für die Haupt- und Realschule zu anspruchsvoll und zu umfangreich sind“ (Lehrer der Haupt- und Realschule, statisches Bild-Text). Dagegen wurde bei der dynamischen Bild-Text-Kombination (Animation) die Segmentierung der einzelnen Textpassagen als positiv bewertet: „die Sätze sind kurz, die Bilder (Animation) verständlich und das Tempo der Einblendungen von Infos genau richtig“ (Lehrerin der Haupt- und Realschule, dynamisches Bild-Text).

Im skizzierten Vorhaben wird deutlich, dass die Erstellung von Lernmaterialien, wie hier in Form von Lernunterstützungen, einem theoriegestützten Konstruktionsprozess unterliegen, in dem unterschiedliche Entscheidungen in Bezug auf das Ziel, die Lerngruppe und die Gestaltung getroffen werden müssen (u. a. Schnotz & Rasch, 2005). Es wird sich zukünftig zeigen, ob über die Varianz unterschiedlicher Repräsentationskombinationen Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess individuell unterstützt werden können und, damit verbunden, der kognitive Stil eine weitere Facette der Individualisierung darstellt. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Lernenden die Lernunterstützungen unterschiedlich nutzen und auch ihre Auswahl gezielt und begründet vornehmen. Innerhalb dieser Begründungsmuster lassen sich bereits erste Hinweise auf die Ausprägung einer individuellen, schülerspezifischen Repräsentationspräferenz sowie eines kognitiven Stils ableiten (Kastaun & Meier, 2019). Ob unterschiedliche Repräsentationskombinationen in Form von *hard scaffolds* zur fachmethodischen Ausgestaltung des Experimentierens, integriert im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, eine weitere Möglichkeit der Individualisierung und der gezielten Unterstützung darstellen, muss zukünftig empirisch untersucht werden.

2.2 Praxisbeispiel: individualisierte Förderung mittels Feedback-Karten in der Planungsphase zum Experimentieren (*hard & soft scaffolds*)

Bei mehr als 20 Schülerinnen und Schülern in einer Klasse sind fünf bis sechs Kleingruppen, die kooperativ ein vorgegebenes Phänomen strukturiert über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess mit einem Experiment selbstständig prüfen sollen, keine Seltenheit und führt gleichzeitig zu einem großen Betreuungsaufwand auf Seiten der Lehrkraft. Selbst jeder Kleingruppe eine auf ihren Arbeits- und Wissensstand gezielte Unterstützung (*soft scaffolding*) zu geben, erscheint in der Praxis nahezu unmöglich. In der Kombination mit *hard scaffolds*, die an generellen Schwierigkeiten der Lernenden ansetzen, kann *soft scaffolding* jedoch auch in sehr betreuungsintensiven Lernarrange-

ments möglich werden. In der Kombination dieser Unterstützungsstrategien können, vor der eigentlichen Unterstützung, *hard scaffolds* der Lehrkraft Raum zum Beobachten der Lernenden und zum Nachdenken über die beobachteten Schülerhandlungen und -reaktionen verschaffen (Saye & Brush, 2002). Eine Reduktion des Handlungsdrucks, auf die Diagnose zu einer Schülerantwort/-handlung/-reaktion unmittelbar reagieren zu müssen, kann nun wiederum mehr Individualisierung in der Lehrerreaktion ermöglichen.

Die Kompetenzausprägungen zum Wissenschaftlichen Denken sind bei den Lernenden divergent ausgeprägt (u. a. Grube, 2011; Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019). Stellt sich für den Einen die Identifikation des Einflussfaktors (unabhängige Variable) bei der Planung zu einem Experiment als schwierig dar, ist es für Andere das Erkennen und Miteinbeziehen von Störfaktoren oder auch beides. Obwohl bei Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe generell höhere Kompetenzniveaus seltener vorliegen und erreicht werden, kann auch das Leistungsbild auf den unteren Stufen heterogen in einer Klasse ausgeprägt sein. Wie nun mit dieser Heterogenität in offenen, selbstregulierten Experimentaleinheiten umgehen? Im Folgenden wird exemplarisch ein Unterstützungsensemble für Kleingruppen aus *hard scaffolds* zur Unterstützung des (individualisierten/adaptierten) *soft scaffolding* der Lehrkraft skizziert (Phase 1 bis 3). Eingebettet in die Planungsphase eines Experimentiermoduls der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX, Meier & Wulff, 2013) zur Prüfung der „Lichtreaktion von Wasserflöhen“ entwickelten die Schülerkleingruppen gestuft einen Plan zu ihrem Experiment und wurden dabei mittels Feedback-Karten, verteilt von der Lehrkraft, zum tieferen Nachdenken über ihr geplantes Vorgehen angeregt.

Phase 1 – Erste Planungsskizze und Feedback-Karte 1

Die Lernenden planen zu einer ausgewählten Hypothese (z. B. „*Wasserflöhe schwimmen weg vom Licht, weil es schädlich für sie ist.*“) mit Blick auf die vorgegebenen Materialien ein Experiment. Sie halten ihren ersten Plan in einer beschrifteten Zeichnung im Protokollbogen fest. Die Lehrkraft beobachtet die Gruppen und kann erste Schwierigkeiten in den Planungen aufnehmen. Mit der Planungsskizze stellen die Lernenden der Lehrkraft ihr Vorgehen in einem kurzen Gruppengespräch vor. Die Lehrkraft entscheidet bzw. diagnostiziert etwaige Probleme oder Fehler in der Planung und verteilt eine der zur Verfügung stehenden Feedback-Karten entsprechend dem Planungsstand der Gruppe.

Phase 2 – Planungsskizze erweitern und Feedback-Karte 2

Die Lernenden überarbeiten auf Basis des Feedback-Prompts, der methodischen Informationen und des Lösungsbeispiels auf der Feedback-Karte (Tab. 1) ihren Plan und ergänzen weitere Aspekte in ihrer Skizze. Es folgt eine zweite Gesprächsrunde mit der Lehrkraft, in der die Schülerinnen und Schüler nur die Ergänzungen kurz erläutern. Um den Plan weiter methodisch auszuscharfen und zum tiefergehenden Nachdenken anzuregen, gibt die Lehrkraft noch eine zweite Feedback-Karte (je nach Planungsstand) in die Gruppe.

Phase 3 – Planung verschriftlichen und präsentieren

Die Lernenden überarbeiten bzw. ergänzen ein weiteres Mal ihren Plan und halten den geplanten Ablauf zur Durchführung des Experimentes stichpunktartig fest. Im weiteren Verlauf wird der Plan von den Schülerinnen und Schülern über ein Plakat oder in einem Stop Motion Clip visualisiert (Meier, 2019) und mit dieser Visualisierungsform im Plenum vorgestellt und diskutiert.

Das Feedback von Lehrpersonen innerhalb einer Lehrer-Schüler-Interaktion stellt sich als ein zentrales und lernwirksames Merkmal von Unterricht dar (Lotz & Lipowsky, 2015; Hattie & Timperley, 2007), wobei hier weniger die Motivation zum Lernen, sondern kognitive und motorische Fähigkeiten beeinflusst werden (Wisniewski, Zierer & Hattie, 2020). Die Wirkung von Feedback wird von der eingesetzten Form, wie einfache (Richtig/Falsch) Antwort oder elaborierte Formen (Narciss, 2006), eine personale oder lernprozessbezogene Form (Hattie & Timperley, 2007), von der Darbietung (z. B. computerbasiert und/oder lehrergesteuert) und von lernerbezogenen Merkmalen, wie der Wahrnehmung des Feedbacks (u. a. Butler & Winne, 1995) und dem Vorwissen (u. a. Narciss, 2006), beeinflusst. In Folge dessen stellt sich die empirische Befundlage zum Teil divergent, komplex und nicht eindeutig dar (Wisniewski, Zierer & Hattie, 2020). Dem elaborierten und informierenden Feedback, das sich u. a. auf die zu bewältigenden Aufgaben, den Weg des Lernens oder der Fähigkeit zur Selbstregulation beziehen kann (Hattie & Timperley, 2007), wird allgemeinhin jedoch eine größere Wirkkraft zugesprochen als dem rein korrigierenden Feedback (ohne formative Funktion zur Lernverbesserung, Shute, 2008). Die in dem hier vorgestellten Praxisbeispiel eingesetzten Feedback-Karten tragen eben diesen informativen Charakter, indem sie gezielt und direkt auf ausgewählte fachmethodische Merkmale in der Planung eines Experiments eingehen und einen Lösungsansatz als unterstützendes Element mitliefern (Tab. 1). Die Lehrkraft übernimmt die Passung zwischen der über das Feedback gegebenen Information zu der vorangegangenen Leistung der Lernenden in der Planung. Je nachdem, welches fachmethodische Merkmal in der Schü-

lerplanung fehlt oder falsch ausgearbeitet wurde, kommt eine der vier Feedback-Karten zum Einsatz (Tab. 1).

Tabelle 1: Inhaltliche Ausgestaltung der Feedback-Karten (in Prioritäten-Reihenfolge)

Nr.	Merkmal zur Planung	Feedback-Prompt	Information	Lösungsbeispiel
1	Einflussgröße (UV) definieren/variieren	Ihr wisst, was in eurem Experiment das Versuchstier beeinflusst. Überlegt noch, wie ihr diese <i>Beeinflussung</i> durchführen wollt!	In einem oder in unterschiedlichen Versuchen sollte die Stärke oder die Größe des Einflussfaktors verändert werden.	Beispielsweise könnte die Intensität des Lichtes verändert werden.
2	Untersuchungsgröße (AV) definieren	Ihr habt schon bestimmt, was ihr untersuchen wollt, doch was wollt ihr wie <i>messen</i> ?	In einem Messkonzept muss definiert werden, was im Experiment mit welchen Hilfsmitteln gemessen werden kann.	Beispielsweise könnte die Anzahl der Wasserflöhe in einem bestimmten Bereich der Schachtel nach einer festgelegten Zeit gezählt werden.
3	Messwiederholung/Messreihe anlegen	In eurem geplanten Experiment habt ihr schon festgelegt, was ihr messen/beobachten wollt. Überlegt noch, <i>wie oft ihr messen wollt!</i>	Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist es notwendig, dass mehrere Messungen mit einer festgelegten, gleichen, zeitlichen Dauer durchgeführt werden.	Beispielsweise die Anzahl der Wasserflöhe 3 Mal nach einer festgelegten Zeit zu bestimmen, wäre möglich.
4	Störfaktoren identifizieren	In eurem geplanten Experiment habt ihr noch nicht an mögliche <i>Störfaktoren</i> gedacht!	Um gezielt den Einfluss eines Faktors zu überprüfen, müssen möglichst alle anderen Einflüsse bzw. alle Störfaktoren beseitigt oder gleich gehalten werden.	Zuviel Wasserbewegungen könnten z. B. störend wirken.

Im praktischen Einsatz dieser Feedback-Karten bei $N = 135$ Lernenden der 6. Jahrgangsstufe ($\text{♀} = 41\%$) wurde deren adaptiver Charakter, der bereits in der Verbindung von Lernerverhalten und Lehrerreaktion dem Feedback konzeptionell zugrunde liegt, auch über das heterogene Einsatzbild der Karten deutlich. Eingesetzt in sechs Klassen und insgesamt 43 Kleingruppen mit überwiegend drei bis vier Lernenden (3er-Gruppe = 67%) kamen die Karten zur Variablendefinierung/-variation und -operationalisierung mehrheitlich, jedoch

zu unterschiedlichen Zeitpunkten, zum Einsatz. Während etwa die Hälfte der Kleingruppen in ihrer ersten Planungsskizze eine Variation der unabhängigen Variable (UV = Licht) bereits definiert hatten und anknüpfend daran die Karte (2) zur Operationalisierung der abhängigen Variable bekamen (AV = Reaktion der Wasserflöhe), brauchten noch ein Drittel der Gruppen die Karte zur UV-Variation (1). Erst nach der Überarbeitung und Erweiterung des Plans (auf Basis der ersten Feedback-Karte) konnte mehrheitlich auch die Karte zur Anlage eines Messkonzeptes (3) (= 58 % der Kleingruppen) im zweiten Feedback ausgegeben werden. Ein informierendes Feedback zur Analyse möglicher Störfaktoren (4) ging in der zweiten Feedbackrunde nur an 11 % der Kleingruppen. Die Schülerinnen und Schüler sind als Gruppe entsprechend ihrem Leistungsstand zur Planung eines Experiments unterschiedlich gestartet und unterschiedlich weit gekommen, haben aber in dem gesetzten methodischen Rahmen über die Feedback-Karten ähnliche Lernprozesse beschritten.

Dem hier skizzierten Vorhaben und Vorgehen zur Unterstützung des Lernens im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess liegen feedbackgesteuerte Maßnahmen zugrunde, die eine adaptive Lernprozesssteuerung einer einzelnen Lerngruppe mit einem gemeinsamen Lernziel der gesamten Lerngruppe beinhalten (Vasilyeva, Puuronen, Pechenizkiy & Räsänen, 2007). Im Vergleich dazu erscheint individuell-adaptives Feedback mit hoher Dynamik im Abgleich von Lernerstand/-wissen und gegebenen Feedback über die Lehrkraft aufgrund des hohen Betreuungsaufwandes zwischen Lernenden und Lehrkraft im realen Unterrichtsetting nicht umsetzbar. Digitalen Systemen kommt zu diesem Zweck bereits seit einigen Jahren eine besondere Bedeutung zu. Sie geben der Forschung zu *scaffolding* eine prägende Ausrichtung zur Anlage und Untersuchung digitalgestützten Feedbacks „to support science inquiry“ (u.a. Quintana et al., 2004)

3 Ausblick

Zur Minimierung auftretender Hürden im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess können unterschiedliche Formate an Lernunterstützungen nachweislich einen positiven Effekt erzielen. Ob *prompts*, *worked examples*, gestufte Lernhilfen oder Feedback – die Möglichkeiten der gestalterischen und medialen/methodischen Ausgestaltung von Unterstützungsformaten sowie deren Einsatzzeitpunkt im forschenden Lernprozess sind sehr vielfältig. Besonders der fortschreitende digitale Wandel mit Einzug in den Unterricht und die (Weiter-)Entwicklung digitaler Tools eröffnen nunmehr eine Erweiterung der didaktischen Möglichkeiten, heterogene Lernwege im naturwissenschaftlichen

Erkenntnisprozess gezielt zu fördern und unterschiedliche Zugänge und Ansätze der Individualisierung zu verfolgen.

Mit Einbezug adaptiver Feedbackstrukturen mittels digitaler Systeme in digital-gestützte Lernumgebungen rückt auch die Rolle der Lehrkraft neu in das Blickfeld von Unterricht und Forschung. Zentral und noch weitgehend ungeklärt ist die Frage, wie sich didaktisches Handeln im didaktischen Dreieck zwischen Lehrkraft, Lernenden und Lerngegenstand unter Einsatz adaptiver und damit meist stark individualisierter Lernsysteme effektiv beschreiben und anlegen lässt. Empirische Studien, die die Zusammenwirkung von digital-umgesetzten *scaffolds* mit lehrerbasiertem *scaffolding* untersuchen (u. a. Wu & Pedersen, 2011), sind aktuell noch unterrepräsentiert. Zeigen Befunde hier eine Legitimation auf beiden Seiten, da Lehrende in der Beziehung zu ihren Lernenden womöglich immer anders reagieren als ein digitales System, dann sollte sich dies auch in der Entwicklung von digitalen Lernsystemen und deren Einsatz zur Individualisierung im Unterricht widerspiegeln (Lehtinen & Viiri, 2017). Gleichmaßen muss auch in der Lehramtsausbildung das didaktische Handeln in der Verbindung mit adaptiven (Feedback-)Lernsystemen, sowohl integriert in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Kastaun, Meier, Hundeshagen & Lange, 2020) als auch allgemein auf selbstreguliertes Lernen und der Anwendung von Lernstrategien, einen festen Platz einnehmen. In welchen Dimensionen des Grades der Digitalisierung Unterricht angelegt wird und/oder im Unterricht gearbeitet wird, ob KI-Technologien das Lehren und Lernen zukünftig noch maßgeblich verändern werden (Tulodziecki, 2020) und Individualisierung damit ein ‚digitales‘ Gesicht bekommt, wird sich erst noch zeigen müssen und aus den Zielperspektiven von Unterricht zu diskutieren sein.

Anmerkung

Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Vorhaben wurden von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen des Programms Fellowship Fachdidaktik MINT gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2016). Scaffolding beim Forschenden Lernen: Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>

- Baumert, K., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (1999). *Internationales und nationales Rahmenkonzept für die Erfassung von naturwissenschaftlicher Grundbildung in PISA*. Abgerufen am 10.10.2020 von: https://pure.mpg.de/rest/items/item_2620022/component/file_3222266/content
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0078-7>
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*, 73(2), 125–129.
- Blajenkova, O. & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 638–663. <https://doi.org/10.1002/acp.1473>
- Bruckermann, T., Aschermann, E., Bresges, A. & Schlüter, K. (2017). Metacognitive and multimedia support of experiments in inquiry learning for science teacher preparation. *International Journal of Science Education*, 39(6), 701–722. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1301691>
- Brush, T.A. & Saye, J.W. (2002). A Summary of Research Exploring Hard and Soft Scaffolding for Teachers and Students Using a Multimedia Supported Learning Environment. *The Journal of Interactive Online Learning*, 1(2), 1–12.
- Butcher, K.R. (2006). Learning from text with diagrams: Promoting mental model development and inference generation. *Journal of Educational Psychology*, 98, 182–197. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.182>
- Butler, D.L. & Winne, P.H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, 65, 245–281. <https://doi.org/10.3102/00346543065003245>
- Chinn, C.A. & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Davis, E.A. (2010). Scaffolding students' knowledge integration: prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819–837. <https://doi.org/10.1080/095006900412293>
- De Jong, T. (2006). Scaffolds for Scientific Discovery Learning. In J. Elen & R.E. Clark (Hrsg.), *Handling Complexity in Learning Environments. Theory and Research* (S. 107–128). Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Erichsen, A. & Mayer, M. (2015). Feedbacktests beim Forschenden Lernen (Projektskizze). In D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer & L. von Kotzebue (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 14* (S. 125–139). München.
- Figl, K. & Recker, J. (2016). Exploring cognitive style and task-specific preferences for process representations. *Requirements Eng*, 21, 63–85. <https://doi.org/10.1007/s00766-014-0210-2>
- Florax, M. & Plötzner, R. (2010). What Contributes to the Split-Attention Effect? The Role of Text Segmentation, Picture Labeling, and Spatial Proxi-

- maty. *Learning and Instruction*, 20, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.021>
- Fretz, E.B., Wu, H.K., Zhang, B., Davis, E.A., Krajcik, J.S. & Soloway E. (2002). An Investigation of Software Scaffolds Supporting Modeling Practices. *Research in Science Education*, 32, 567–589. <https://doi.org/10.1023/A:1022400817926>
- Grube, C. (2011). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung – Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation: Universität Kassel. Abgerufen am 11.10.2020 von: <https://d-nb.info/1011341867/34>
- Hammann, M., Hoi Phan, T.T., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656113>
- Hänze, M. Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen* (S. 63–73). Weinheim: Beltz.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Hess, M., Werker, K. & Lipowsky, F. (2018). Professionell Feedback geben – Welchen Beitrag leisten Videos? Anlage und erste Ergebnisse des Projekts ProFee. In A. Krüger, F. Radisch, A.S. Willems, T. Häcker & M. Walm (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung im Kontext von Schule und Lehrer*innenbildung* (S. 249–264). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Höffler, T.N. (2010). Spatial Ability: Its Influence on Learning with Visualizations – a Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review*, 22(3), 245–269. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9126-7>
- Hulshof, C.D. & de Jong, T. (2006). Using just-in-time information to support scientific discovery learning in a computer-based simulation. *Interactive Learning Environments*, 14, 79–94. <https://doi.org/10.1080/10494820600769171>
- Kaiser, I. & Mayer, J. (2019). The Long-Term Benefit of Video Modeling Examples for Guided Inquiry. *Front. Educ.*, 4:104. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00104>
- Kaiser, I., Mayer, J. & Malai, D. (2018). Self-generation in the context of inquiry learning and the role of prior knowledge. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02440>
- Kastaun, M. & Meier, M. (2018). Kognitive Lernunterstützungen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Projektskizze). In D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer, J. Zabel, K. Schlüter & J. Großschedl (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 17* (S. 123–136). Köln.
- Kastaun, M. & Meier, M. (2019). Wahrnehmung und Nutzung von dynamischen und statischen Repräsentationskombinationen in digitalen Lernunterstützungen beim Experimentieren. In Gemeinsame Jahrestagung der Fachsektion Di-

- daktik der Biologie und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 39). Wien, Österreich. Abgerufen am 08.10.2020 von: https://aecc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_aecc/Plattform_fuer_Didaktik_der_Naturwissenschaften/GDCP_FDdB_2019/Programm/Programmmheft_GDCP-FDdB_2019.pdf
- Kastaun, M. & Meier, M. (2021). Eine qualitative Analyse von Blickdaten bei statischen und dynamischen Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. In P. Klein, N. Graulich, M. Schindler & J. Kuhn (Hrsg.), *Eye Tracking als Methode in der Mathematik- und Naturwissenschaftsdidaktik: Forschung und Praxis*. Berlin: Springer [im Druck].
- Kastaun, M., Meier, M., Hundeshagen, N. & Lange, M. (2020). ProfILL – Professionalisierung durch intelligente Lehr-Lernsysteme. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule und Digitalisierung* (S. 357–363). Münster: Waxmann.
- KMK-Kultusministerkonferenz (1997). *Grundsätzliche Überlegungen zu Leistungsvergleichen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland – Konstanzer Beschluss – (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 24.10.1997)*. Abgerufen am 10.10.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1997/1997_10_24-Konstanzer-Beschluss.pdf
- KMK-Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH. Abgerufen am 10.10.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf
- Koć-Januchta, M.M., Höffler, T.N., Eckhardt, M. & Leutner, D. (2019). Does modality play a role? Visual-verbal cognitive style and multimedia learning. *J.Comput.Assist.Learn*, 35(6). <https://doi.org/10.1111/jcal.12381>
- Koć-Januchta, M.M., Höffler, T.N., Thoma, G.B., Prectl, H. & Leutner, D. (2017). Visualizers versus verbalizers: Effects of cognitive style on learning with texts and pictures – An eye-tracking study. *Computers in Human Behavior*, 68, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.028>
- Lai, G. & Caladra, B. (2010). Examining the effects of computer-based scaffolds on novice teachers' reflective journal writing. *Education Tech Research Dev*, 58, 421–437. <https://doi.org/10.1007/s11423-009-9112-2>
- Lehtinen, A. & Viiri, J. (2017). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: a Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 193–206. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9672-y>
- Lotz, M. & Lipowsky, F. (2015). Die Hattie-Studie und ihre Bedeutung für den Unterricht. Ein Blick auf ausgewählte Aspekte der Lehrer-Schüler-Interaktion. In G. Mehlhorn, K. Schöppe & F. Schulz (Hrsg.), *Begabungen entwickeln & Kreativität fördern* (S. 97–136). München: kopaed.
- Martens, K. & Niemann, D. (2013). When Do Numbers Count? The Differential Impact of the PISA Rating and Ranking on Education Policy in Germany and the US. *German Politics*, 22(3), 314–322. <https://doi.org/10.1080/09644008.2013.794455>

- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. (2005a). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 183–200). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.013>
- Mayer, R.E. (2005b). Principles for managing essential processing in multimedia learning: Segmenting, pre-training, and modality principles. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 316–344). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.016>
- Mayer, R.E. (2005c). Principles of multimedia learning based on social cues: Personalization, voice, and image principles. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 345–368). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.017>
- Mayer, R.E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. & Jackson, J. (2005). The case for coherence in scientific explanations: Quantitative details can hurt qualitative understanding. *Journal of Experimental Psychology Applied*, 11(1), 513–518. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.11.1.13>
- Mayer, R.E. & Massa, L.J. (2003). Three Facets of Visual and Verbal Learners: Cognitive Ability, Cognitive Style, and Learning Preference. *JoEP*, 95(4), 833–846.
- Mayer, R.E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos.
- Meier, M. (2019). Mit der Produktion von Videos biologische Lernprozesse digital gestalten. In *Gemeinsame Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 69). Universität Wien. Abgerufen am 15.10.2020 von: https://aecc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_aecc/Plattform_fuer_Didaktik_der_Naturwissenschaften/GDCP_FDdB_2019/Programm/Programmheft_GDCP-FDdB_2019.pdf
- Meier, M. & Wulff, C. (2013). Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(8), 485–490.

- Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. Münster: Waxmann.
- Puntambekar, S. & Hubscher, R. (2005). Tools for Scaffolding Students in a Complex Learning Environment: What Have We Gained and What Have We Missed? *Educational Psychologist*, 40(2), 1–12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1
- Quintana, C., Reiser, B., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R.G., Kyza, E., Edelson, D.C. & Soloway, E. (2004). A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 337–386. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4
- Rieß, W. & Robin, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 129–152). Münster: Waxmann.
- Saye, J.W. & Brush, T.A. (2002). Scaffolding Critical Reasoning about History and Social Issues in Multimedia-Supported Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96. <https://doi.org/10.1007/BF02505026>
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S. & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018 – aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In K. Reiss, M. Weis, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 211–240). Münster: Waxmann.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G. & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, 36(4), 365–384.
- Schmidt-Weigand, P. & Scheiter, K. (2011). The role of spatial descriptions in learning from multimedia. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.007>
- Schnotz, W. & Rasch, T. (2005). Enabling, facilitating, and inhibiting effects of animations in multimedia learning: Why reduction of cognitive load can have negative results on learning. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 47–58. <https://doi.org/10.1007/BF02504797>
- Shute, V.J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78, 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 19–30). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.003>
- Sweller, J. & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185–233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1

- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Thillmann, H., Künsting, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of “what” to prompt or also “when” to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23, 105–115. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.105>
- Tulodziecki, G. (2020). Künstliche Intelligenz und Didaktik. *Pädagogische Rundschau*, 74(4), 363–378. <https://doi.org/10.3726/PR042020.0037>
- Vasilyeva, E., Puuronen, S., Pechenizkiy, M. & Räsänen, P. (2007). Feedback adaptation in web-based learning systems. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 17, 337–357. <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2007.015046>
- Wellnitz, N., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H.A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.
- Wisniewski, B., Zierer, K. & Hattie, J. (2020). The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Front. Psychol.*, 10, 30–87. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>
- Wu, H.L. & Pedersen, S. (2011). Integrating computer- and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57(4), 2352–2363. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.05.011>

**(Kognitions-)Psychologische Forschungsperspektiven
in der fachdidaktischen Forschung**

Kerstin Kremer & Detlef Urhahne

Wissenschaftsverständnis – Zugänge zur Epistemologie aus naturwissenschaftsdidaktischer und pädagogisch-psychologischer Perspektive

Das Gespür für aufkommende, wissenschaftliche Entwicklungen und das Beschreiten neuer Forschungswege ist eine besondere Eigenschaft, die Jürgen Mayer schon immer ausgezeichnet hat. Jürgen Mayer integrierte die Dimension Wissenschaftsverständnis (epistemological views) in ein Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen und gab damit Standards über Nature of Science einen neuen Nährboden. Für die Erforschung dieses an der Schnittstelle von Naturwissenschaftsdidaktik, Psychologie und Wissenschaftstheorie angesiedelten Bereichs wählte Jürgen Mayer, bei dem Interdisziplinarität in der Arbeitsgruppe allzeit großgeschrieben wurde, geeignete Protagonisten aus. Die dabei ins Leben gerufene Kooperation von Naturwissenschaftsdidaktik und Pädagogischer Psychologie hat unseren wissenschaftlichen Werdegang entscheidend mitgeprägt. Dafür möchten wir Jürgen Mayer an dieser Stelle unseren tiefen Dank aussprechen.

1 Epistemische Überzeugungen als Voraussetzung und Ziel naturwissenschaftlicher Bildung

Epistemische Überzeugungen sind subjektive Theorien, die Lernende über das Wesen von Wissen und den Wissenserwerb haben (Perry, 1968). Diese Vorstellungen beziehen sich zum Beispiel darauf, wie Wissen aufgebaut und strukturiert ist, wie es gerechtfertigt wird und welche Tragweite ihm in der Anwendung zukommt. In der psychologischen Forschung wird das Konstrukt seit Langem intensiv beforscht. Das liegt zum einen an einer nachgewiesenen hohen Bedeutsamkeit für kognitive und affektive Lernprozesse. Zum anderen nehmen aber auch Lehrkräfte maßgeblich Einfluss auf die Entwicklung epistemischer Kognitionen (Hofer, 2001; Muis, Bendixen & Haerle, 2006; Schommer, 1990). Dabei ist weitgehend akzeptiert, dass die Entwicklung epistemischer Überzeugungen einen gestuften Verlauf annimmt (s. a. Bromme, 2005; Neumann & Kremer, 2013), in dem Lernende Wissen zunächst als richtig oder falsch klassifizieren. Nach einer Phase des Relativismus positioniert sich das Individuum schließlich innerhalb der wahrgenommenen Wissensbestände (Hofer & Pintrich, 1997). Hofer und Pintrich (1997) verweisen in einem Übersichtsartikel auf einen vierdimensionalen Ansatz als Bezugsrahmen zur Erforschung epistemischer Überzeugungen (z. B. Bromme, 2005; Buehl & Alexander, 2005; Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, 2004). Sie unterscheiden darin

zwischen Ansichten über *Nature of knowledge* und *Nature of knowing* (Hofer & Pintrich, 1997). Die Dimension *Nature of knowledge* besteht aus dem Faktor *Certainty of knowledge* (Sicherheit), der sich auf die wahrgenommene Vorläufigkeit von Wissensaussagen bezieht, und aus dem Faktor *Simplicity of knowledge* (Komplexität), der die wahrgenommene Einfachheit vs. Komplexität von Wissenskonzepten thematisiert. Die Dimension *Nature of knowing* beinhaltet einerseits den Faktor *Source of knowledge* (Quelle), zu dem die Perspektive auf Wissen als ein von außen herangetragenenes vs. selbstkonstruiertes Gebilde zählt, und andererseits den Faktor *Justification for knowing* (Rechtfertigung), der Einstellungen zum Umgang mit Behauptungen von Lehrkräften und Experten bzw. mit empirischen Evidenzen umfasst (vgl. Neumann & Kremer, 2013; Kremer & Kapitza, 2020).

2 Kontextualisierung epistemischer Lernprozesse

In einer umfangreichen Überblicksarbeit haben sich Muis et al. (2006) der bestehenden, teilweise kontroversen Literatur über die Entwicklung epistemischer Überzeugungen durch fachbezogene Lerngelegenheiten angenommen. Diese können sowohl sozio-kulturell als auch akademisch und instruktional kontextualisiert sein. Muis und Kollegen führen dazu ein integratives, theoretisches Modell an (*Theory of Integrated Domains in Epistemology*, TIDE), welches das komplexe Wechselspiel der Repräsentation von epistemischen Überzeugungen über Kontexte und Domänen hinweg symbolisiert und als Grundlage für die weitere Erforschung des Kontextbezugs epistemischer Überzeugungen dienen kann (Abb. 1).

Das Modell beschreibt die epistemische Entwicklung eines Individuums als einen nicht zwangsläufig kontinuierlichen Prozess, in dem auch sprunghafte und rückläufige Entwicklungen möglich sind. Die Erfahrungen und das Durchlaufen von Lerngelegenheiten vollziehen sich in drei unterschiedlichen, interaktiven Kontexten: Innerhalb der soziokulturellen Rahmenbedingungen findet die akademische Formung des Individuums in Hinblick auf die Auseinandersetzung mit Wissensaussagen statt. Während der Schulzeit und im Studium setzen sich Lernende mit akademisch geprägten Disziplinen und deren charakteristischen Arten des Wissenserwerbs auseinander. Innerhalb dieses akademischen Kontextes kommen Lernende mit weiteren domänenspezifischen Wissenskontexten über Instruktion in Kontakt. Diese Lerngelegenheiten stehen zunächst unabhängig voneinander und können dadurch auch zu widersprüchlich geprägten Erfahrungen beitragen, bevor sie schließlich miteinander verschmelzen oder durch bereits bestehende Überzeugungen überformt werden (Kremer & Kapitza, 2020; Muis et al., 2006).

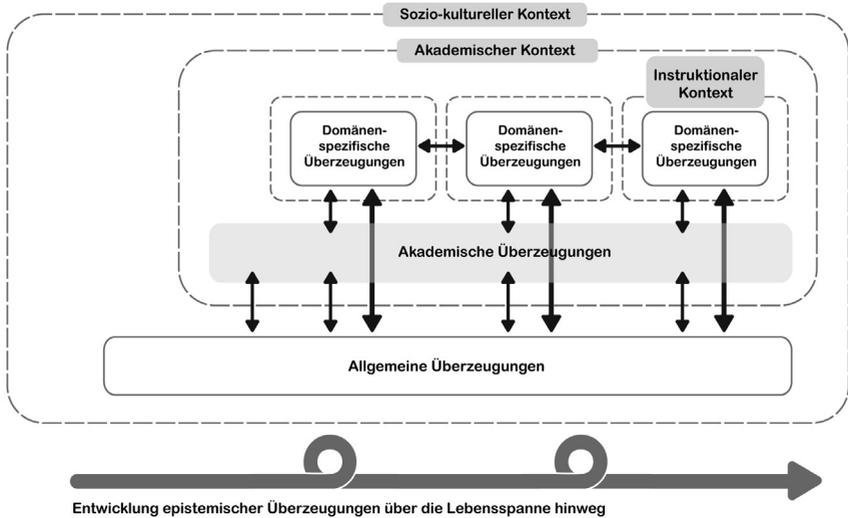


Abbildung 1: Rahmenmodell zur Theory of Integrated Domains in Epistemology, TIDE (Abbildung verändert nach Muis et al., 2006; Quelle: Kremer & Kapitza, 2020)

3 Perspektiven

Als im Jahr 2004 zum ersten Mal nationale Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss erlassen wurden (KMK, 2005), stellten sich die naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken verstärkt der Herausforderung, Kompetenzmodelle und Bedingungsfaktoren für die prozessbezogenen Kompetenzen zu erarbeiten. Von der ersten Stunde an lag der Forschungsschwerpunkt in der damaligen Gießener Arbeitsgruppe von Jürgen Mayer auf dem Bereich der Erkenntnisgewinnung. Die Metaebene mit Angaben zu den Charakteristika der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (international *Nature of Science* als wichtiger Bestandteil einer *Scientific Literacy*) war in den deutschen Bildungsstandards noch nicht in dem Maße abgebildet, wie es in internationalen Curricula und Bildungsvorgaben schon in langer Tradition der Fall war. Auf der Basis von Zusammenhängen der Teilkompetenzen des Modells zum wissenschaftlichen Denken wurde die Bedeutung von epistemischem Verständnis für die Kompetenzentwicklung auch im deutschen Kontext ersichtlich (Kremer, Specht, Urhahne & Mayer, 2014). Für die Didaktik der Biologie war Jürgen Mayer als geistiger Pionier dabei, diese Komponente von naturwissenschaftlicher Bildung als einen Aspekt des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung zu etablieren und in Forschung und Praxis zu positionieren (Herring & Kremer, 2018; Kremer et al., 2012; Mayer, 2007; Neumann & Kremer,

2013). Durch die Kooperation mit der pädagogischen Psychologie wurden Beiträge zur Messinstrumentenentwicklung (Kampa, Neumann, Heitmann & Kremer, 2016; Kremer, Urhahne & Mayer, 2009; Urhahne, Kremer & Mayer, 2008) und zu Grundfragen der Domänen- und Kontextspezifität epistemischer Überzeugungen geleistet (Urhahne, Kremer & Mayer, 2011), die aktuell in Studien im Schülerlabor und in Instruktionsstudien genutzt und weiterentwickelt werden (Kremer & Kapitza, 2020).

Literatur

- Bromme, R. (2005). Thinking and knowing about knowledge: A plea for and critical remarks on psychological research programs on epistemological beliefs. In M. Hoffmann, J. Lenhard & F. Seeger (Hrsg.), *Activity and sign: Grounding mathematics education* (S. 191–201). New York: Springer.
- Buehl, M.M. & Alexander, P.A. (2005). Motivation and performance differences in students' domain-specific epistemological belief profiles. *American Educational Research Journal*, 42, 697–726. <https://doi.org/10.3102/00028312042004697>
- Conley, A.M., Pintrich, P.R., Vekiri, I. & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.004>
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In H. Schecker, D. Krüger & I. Parchmann (Hrsg.), *Theoretische Rahmungen in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–120). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Hofer, B.K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review*, 13(4), 353–383. <https://doi.org/10.1023/A:1011965830686>
- Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88–140. <https://doi.org/10.3102/00346543067001088>
- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P. & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science – a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007>
- KMK (Hrsg.) (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Kremer, K., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Assessment of Standards-based Learning Outcomes in Science Education: Perspectives from the German Project ESNaS. In S. Bernholt, K. Neumann & P. Nentwig (Hrsg.), *Making It Tangible – Learning Outcomes in Science Education* (S. 217–235). Münster: Waxmann.
- Kremer, K. & Kapitza, M. (2020). Untersuchung von epistemischen Überzeugungen im Schülerlabor – Möglichkeiten und Herausforderungen. In K. Sommer,

- J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.). *Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete* (S. 79–90). Münster: Waxmann.
- Kremer, K., Specht, C., Urhahne, D. & Mayer, J. (2014). Relationship in Biology between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.788541>
- Kremer, K., Urhahne, D. & Mayer, J. (2009). Naturwissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken bei Schülerinnen und Schülern der Sek. I. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 3, S. 29–43). Innsbruck: Studienverlag.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Muis, K.R., Bendixen, L.D. & Haerle, F.C. (2006). Domain-generality and domain-specificity in personal epistemology research: Philosophical and empirical reflections in the development of a theoretical framework. *Educational Psychology Review*, 18, 3–54. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9003-6>
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Perry, W.G. (1968). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 498–504. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.498>
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 72–94.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2011). Conceptions of the nature of science – Are they general or context-specific? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 707–730. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9233-4>

Kathrin Ziepprecht, Finja Grospietsch & Julia Schwanewedel

Metakognition im Kompetenzbereich Kommunikation – eine empirische Studie zu Lernstrategien von Schülerinnen und Schülern beim Lesen biologischer Sachtexte

Von den Bildungsstandards zum Lernbegriff: Das Projekt Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS) war für Jürgen Mayer von großer Bedeutung und prägte die Arbeit der gesamten Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Den Kompetenzbereich Kommunikation bearbeitete Julia Schwanewedel als Post-Doc mit Kathrin Ziepprecht als Doktorandin. Aus der Projektarbeit entwickelte sich schnell eine wissenschaftliche Herzensangelegenheit. Sie hat unsere Laufbahnen geprägt und begleitet uns bis heute. Jürgen Mayer hatte die Idee, Metakognition (Lernstrategien) und Kommunikation gemeinsam zu denken. Aus dieser Idee entstand das Dissertationsprojekt von Kathrin Ziepprecht, in dem sie den Einsatz von Lernstrategien beim Lesen und Verstehen von Texten aber auch von anderen Repräsentationen untersucht hat. Die umfangreichen Daten aus diesem Projekt wurden von Julia Schwanewedel nach ihrem Wechsel auf eine Juniorprofessur ans IPN nach Kiel – im Übrigen eine alte Wirkungsstätte von Jürgen Mayer – zur Untersuchung neuer spannender Fragestellungen genutzt. Als studentische Hilfskraft bei Julia Schwanewedel am IPN hat Finja Grospietsch ESNaS-Daten gegenkodiert und diese später im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit ausgewertet. Weil sie hierbei Freude an der wissenschaftlichen Arbeit in der Biologiedidaktik entwickelt hat, führte sie ihr späterer Weg selbst nach Kassel – zu Jürgen Mayer. Hier knüpfte sie in ihrem Dissertationsprojekt zum Thema Gehirn und Lernen aus einer anderen Blickrichtung an den Bereich der Metakognition und der Lernstrategien an. Damit schließt sich der Kreis: Wir drei danken Jürgen Mayer, dass er uns durch seine Begeisterung und sein wissenschaftliches Gespür mitgenommen und zu eigenen wissenschaftlichen Wegen ermutigt hat.

1 Repräsentationen, der Kompetenzbereich Kommunikation und die Bedeutung von Metakognition

Biologische Inhalte werden durch unterschiedliche Repräsentationen, beispielsweise durch Sachtexte, Zeichnungen, Diagramme und Tabellen, dargestellt und vermittelt. Dies gilt gleichermaßen für die wissenschaftliche Community und ihre Kommunikation im Rahmen von Publikationen und Präsentationen, für die mediale Darstellung der für die Allgemeinheit aufbereiteten Ergebnisse biologischer Untersuchungen sowie für den Biologieunter-

richt. Obwohl Bilder im Fach Biologie im Vergleich zu anderen Fächern eine große Rolle spielen, sind Texte nach wie vor die meist genutzten Repräsentationen im Unterricht (Rosebrock & Nix, 2010). Biologische Sachtexte sind dadurch gekennzeichnet, dass sie in der Regel einen hohen Anteil an Fachbegriffen enthalten, die oft aus dem Lateinischen oder Griechischen stammen und nicht einfach übersetzt werden können (Cromley, Snyder-Hogan & Luciw-Dubas, 2010). Darüber hinaus werden in biologischen Sachtexten häufig kausale und sequentielle Textschemata genutzt. Das bedeutet, dass Argumentationsketten verwendet und logisch aufeinander bezogene Abschnitte aneinandergereiht werden (Cromley, Snyder-Hogan & Luciw-Dubas, 2010). Das Rezipieren biologischer Sachtexte erfordert das Herstellen zahlreicher Zusammenhänge zwischen den Textsegmenten unter Nutzung von Vorwissen, das gegebenenfalls erst unmittelbar vorher durch den Text erworben wurde (Cromley, Snyder-Hogan & Luciw-Dubas, 2010).

In Hinblick auf eine spätere Teilhabe an Diskursen über gesellschaftlich relevante biologische Themen, die durch Repräsentationen wissenschaftlich und gesellschaftlich kommuniziert werden, ist es von zentraler Bedeutung, dass Schülerinnen und Schüler lernen, sich Informationen aus Repräsentationen, wie biologischen Sachtexten, selbstständig zu erschließen. Dies kann als Teil einer fachspezifischen Kommunikationskompetenz verstanden werden, die wiederum Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist (vgl. u. a. Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002; Norris & Phillips, 2003). Entsprechend ist in Deutschland der Kompetenzbereich Kommunikation in den Bildungsstandards für das Fach Biologie in der Sekundarstufe I verankert (KMK, 2005) und wird innerhalb der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung erforscht (vgl. u. a. Beck & Nerdel, 2016; v. Kotzebue, Gerstl & Nerdel, 2015; Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007; Nitz, Nerdel & Prechtel, 2012; Scherb & Nitz, 2020; Ziepprecht, 2016; Ziepprecht et al., 2017). In Bezug auf Kommunikationsprozesse und ihre Erfassung können produktive und rezeptive Kompetenzen unterschieden werden. In biologiedidaktischen Forschungsarbeiten werden entweder beide Seiten des Kommunikationsprozesses oder aber einer der Schwerpunkte untersucht (vgl. u. a. Lachmayer et al., 2007, Nitz et al., 2012; Ziepprecht, 2016). Ziepprecht et al. (2017) beschreiben vor dem Hintergrund, dass sich die Rolle sowie die Arten von Repräsentationen in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik sehr ähnlich sind, ein übergreifendes Kompetenzmodell für Kommunikation. In diesem Zusammenhang differenzieren sie das *Informationen erschließen* und das *Informationen weitergeben* als zwei zentrale Teilkompetenzen. In einer Studie zu rezeptiven Kommunikationskompetenzen und Strategien von Schülerinnen und Schülern konnte empirisch gezeigt werden, dass es sich beim Erschließen von Informationen aus Texten und Bildern sowie Bild-Text-Kombinationen um zwei unter-

scheidbare Kompetenzen handelt (Ziepprecht, 2016). Der Fähigkeit, Informationen aus biologischen Sachtexten erschließen zu können, kommt vor allem deshalb eine so hohe Bedeutung zu, da naturwissenschaftliches Lernen u. a. davon abhängt, ob Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, auf der Basis einer Texterschließung eigene, fachlich angemessene Vorstellungen über den Textgegenstand aufzubauen. Ergebnisse empirischer Studien deuten darauf hin, dass metakognitive Fähigkeiten, d. h. die Kontrolle, Steuerung und Regulation der eigenen kognitiven Aktivitäten (Brown, 1984; Flavell, 1979; Kuhn & Dean, 2004) einen Einfluss auf die Kompetenzen im Bereich *Informationen erschließen* haben. Beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten sind Lernstrategien erforderlich, die allgemein als mehr oder weniger komplexe, bewusst, aber auch unbewusst eingesetzte Vorgehensweisen (Verhaltensweisen und Kognitionen) beim Wissenserwerb definiert werden. Diese Vorgehensweisen können aufgaben- und situationsangemessen – also flexibel – je nach Lernziel (Intention) eingesetzt werden (Hohm, 2012; Taconis, Ferguson-Hessler & Broekkamp, 2001). Um die Lernstrategien einer Untersuchung zugänglich zu machen, müssen diese kategorisiert und beschrieben werden. Diesbezüglich existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Klassifikationssysteme, bei denen es sich ohne Ausnahme nicht um erschöpfende Taxonomien handelt und innerhalb derer die Strategien in Teilen Überlappungsbereiche aufweisen (Christmann & Groeben, 1999). In der Literatur besteht eine grundsätzliche Einigkeit in Bezug auf die Unterteilung in *kognitive* und *metakognitive Strategien*. Die weiteren Ausführungen der im vorliegenden Artikel beschriebenen Unterkategorien lehnen sich im Wesentlichen an die Taxonomie von Weinstein und Mayer (1986), die Weiterentwicklungen von Pintrich, Marx und Boyle (1993) und die Konkretisierung in einer Klassifikation der Lernstrategien von Christmann und Groeben (1999) an, die zu den kognitionspsychologischen Ansätzen zählen. Demnach unterstützen Lernstrategien die intern ablaufenden kognitiven Prozesse der Informationsverarbeitung. Weitere Arbeiten, die ebenfalls auf die Taxonomie von Weinstein und Mayer (1986) zurückgehen und diese aufgreifen, weiterentwickeln und teilweise abweichende Begriffe nutzen (vgl. u. a. Baumert, 1993; Lewalter, 1997; Kaiser & Kaiser, 1999; Mandl & Friedrich, 2006), werden an dieser Stelle nicht erläutert. Eine grundsätzlich andere Art der Kategorisierung wird in *Approaches-to-Learning-Ansätzen* vorgenommen, die Lernstrategien auf Basis von beobachteten Lernprozessen beschreiben und in erster Linie entsprechend dem Vorgehen der Lernenden und den angestrebten Lernergebnissen nach der Verarbeitungstiefe unterscheiden (vgl. u. a. Marton & Säljö, 1984).

2 Lernstrategien für das Erschließen von Informationen

Nach Wild (2000) können Lernstrategien in *kognitive* und *metakognitive Strategien* sowie *Strategien des Ressourcenmanagements* differenziert werden. *Kognitive Lernstrategien* dienen dazu, eine konkrete kognitive Anforderung zu bewältigen (Flavell, 1984). Somit handelt es sich um Aktivitäten der unmittelbaren Informationsverarbeitung. *Kognitive Lernstrategien* können in *Wiederholungs-*, *Organisations-* und *Elaborationsstrategien* unterschieden werden (Marton & Säljö, 1984). *Wiederholungsstrategien* dienen der Selektion, Wiederholung und Einspeicherung von Informationen – z. B. durch selektives, orientierendes oder wiederholtes Lesen eines biologischen Sachtextes oder das Auswendiglernen seiner zentralen Informationen (Weinstein & Mayer, 1986). Mit Hilfe von *Organisationsstrategien* können relevante Informationen ausgewählt und gegliedert werden, wodurch das zu erwerbende Wissen strukturiert und in eine leichter zu verarbeitende Form transferiert wird (Weinstein & Mayer, 1986). Hierzu zählen Lernaktivitäten, wie zum Beispiel das Wichtigste zu unterstreichen, den Text in Abschnitte zu gliedern, Stichpunkte zu notieren oder das grafische Veranschaulichen der Inhalte. *Elaborationsstrategien* dienen wiederum der Verknüpfung von neuen Informationen mit dem Vorwissen und somit der Integration neuer Informationen in die bestehende Wissensstruktur (Weinstein & Mayer, 1986). Dies kann erfolgen, indem Informationen in eigenen Worten erklärt, Hypothesen gebildet oder eigene Beispiele gefunden werden.

Metakognitive Lernstrategien steuern den Einsatz der *kognitiven Strategien* und kontrollieren so die Qualität und den Fortschritt des Lernprozesses (Flavell, 1984). Nach Brown (1978) lassen sich metakognitive Strategien in *Planungs-*, *Überwachungs-* und *Regulationsstrategien* unterteilen. *Planungsstrategien* dienen der Vorbereitung des Lernprozesses. Damit verbundene Lernaktivitäten sind z. B. die Leseplanung oder die Aktivierung von Vorwissen. Mit Hilfe von *Überwachungsstrategien* wird das eigene Verstehen überprüft (Pintrich et al., 1993). Hierfür kann beispielsweise über das Gelesene gesprochen oder eine Frage zum Text beantwortet werden. *Regulationsstrategien* wiederum dienen der Veränderung der eigenen Aktivitäten bei Verständnisschwierigkeiten. Zugehörige Lernaktivitäten umfassen z. B. das Nachschlagen von Fremdwörtern bzw. Fachbegriffen, das Einholen weiterer Informationen oder das Nachfragen.

Strategien des Ressourcenmanagements werden auch als Stützstrategien bezeichnet und haben das Ziel, „günstige Rahmenbedingungen für das Lernen herzustellen und aufrechtzuerhalten“ (Bannert, 2007, S. 22). Die Strategien beziehen sich sowohl auf das Management externer (z. B. Lernort, Lerngruppe,

Ausstattung) als auch interner Ressourcen (z. B. Konzentration, Aufmerksamkeit, Motivation, Zeitplanung, Anstrengungsbereitschaft und Emotionskontrolle). Beispielstrategien sind die lernförderliche Gestaltung des Arbeitsplatzes, das gezielte Aufrechterhalten von Konzentration oder das aufmerksame Lesen eines Sachtextes. *Kognitive, metakognitive* und *ressourcenbezogene Lernstrategien*, über die Lernende verfügen, bilden den individuellen „mentalen Werkzeugkasten“ (Rosebrock & Nix, 2010, S. 60), aus dem sich eine Person flexibel, d. h. je nach Lernsituation, bedienen kann.

Studien von Bannert (2005) sowie Marton und Säljö (1984) zeigen, dass positive Zusammenhänge zwischen dem Erschließen von Informationen aus Texten und der Verwendung von Lernstrategien bestehen. Für das *Informationen erschließen* aus biologischen Sachtexten konnte Ziepprecht (2016) zeigen, dass Lernende, die angaben, Strategien wie *Wiederholendes Lesen* oder *Betrachten der Repräsentationen* zu nutzen und ihr Vorgehen zu planen, zu regulieren und zu überwachen, in einem entsprechenden Kompetenztest besser abschnitten als solche, die angaben, dies nicht zu tun. Bei der Untersuchung des Strategieeinsatzes wird vor allem auf Bild-Text-Kombinationen (Lewalter, 1997, 2003; Bannert, 2005) fokussiert und z. B. herausgestellt, dass Studierende am häufigsten Wiederholungsstrategien und metakognitive Strategien, deutlich seltener jedoch Elaborationsstrategien anwenden (Lewalter, 1997, 2003). Eine Studie von Baumert (1993) zeigt, dass die Nutzung von *Elaborations-, Transformations-, Planungs-, Überwachungs- und Regulationsstrategien* (in der Untersuchung zum Faktor Tiefenstrategien zusammengefasst) bei Schülerinnen und Schülern im Vergleich zu *Wiederholungsstrategien* (bilden den Faktor Oberflächenstrategien) niedriger ausgeprägt ist als bei Studierenden. Somit ist von einer Ausdifferenzierung des Strategierepertoires mit zunehmendem Alter bzw. mit der Lernerfahrung auszugehen. Für biologische Sachtexte ist bislang ungeklärt, wie sich das Lernstrategierepertoire von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung derartiger Repräsentationen gestaltet. Die empirische Untersuchung dieses Desiderats stellt eine Voraussetzung dafür dar, dass Lehrende passgenaue und fachspezifische Förderansätze bereitstellen können, um Lernende in die Lage zu versetzen, biologische Sachtexte systematisch zu bearbeiten und zu verstehen. Der vorliegende Artikel nimmt die Lernstrategien beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten in den Blick. Es werden Ergebnisse dazu präsentiert, welche Strategien Schülerinnen und Schüler der neunten und zehnten Jahrgangsstufe einsetzen und wie sie ihr Vorgehen regulieren.

3 Lernstrategien von Schülerinnen und Schülern beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten

Nach Rosebrock und Nix (2010) gehört die Mehrzahl der Texte, die in der Schule gelesen und verstanden werden müssen, zu den Sachtexten. In Biologie sind dies – von der Primar- bis in die Oberstufe hinein – mehrheitlich Lehrtexte (vgl. Rosebrock & Nix, 2010), deren zentrale Funktion die Wissensvermittlung ist. Lernstrategien, die für das Lesen dieser Texte erforderlich sind, sind mentale Arbeitsformen, die Schülerinnen und Schüler in der spezifischen Lesesituation (*Leseoperation*) weiterhelfen, um ihr Leseziel (*Leseintention*) zu erreichen (Gierlich, 2005; Grzesik, 1990; Rosebrock & Nix, 2010). Eine Klassifikation solcher Lernstrategien bieten u. a. Christmann und Groeben (1999). Im vorliegenden Beitrag soll auf Basis dieser Klassifikation (Abschnitt 3.2) das Lernstrategiepertoire von Schülerinnen und Schülern untersucht werden, wobei folgenden Fragestellungen nachgegangen wird:

- F1: Welche Lernstrategien setzen Schülerinnen und Schüler beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten ein?
- F2: Welche Lernstrategien setzen Schülerinnen und Schüler ein, wenn sie einen biologischen Sachtext nicht sofort verstehen?

3.1 Methodik

Die im Folgenden dargelegte Studie wurde flankierend zum Dissertationsprojekt von Ziepprecht (2016) durchgeführt, um die Lernstrategien von Schülerinnen und Schülern im Zusammenhang mit biologischen Sachtexten genauer zu erforschen. Die Stichprobe ($N = 111$) umfasste Schülerinnen und Schüler aus den neunten und zehnten Jahrgangsstufen, die zu 80.2% Realschulen und zu 19.8% Gymnasien besuchten. 56% der Probandinnen und Probanden waren weiblich. Ihr Alter lag zwischen 14 und 18 Jahren ($M = 15.8$ Jahre, $SD = 0.7$).

Im Rahmen einer querschnittlichen Erhebung wurden die Schülerinnen und Schüler mittels eines offenen Strategiefragebogens dazu aufgefordert, zu beschreiben, wie sie vorgehen, wenn sie einen Text im Biologieunterricht verstehen wollen (Arbeitsauftrag 1), was sie tun, wenn sie einen solchen Text nicht sofort verstehen (Arbeitsauftrag 2), und wie sie eine Mitschülerin oder einen Mitschüler bei Verständnisschwierigkeiten anleiten würden (Arbeitsauftrag 3). Für den vorliegenden Beitrag wurden die ersten beiden Arbeitsaufträge ausgewertet. Der Fragebogen war in eine umfassendere Testbatterie im Paper-Pencil-Format, bestehend aus einem Kompetenztest zum *Informa-*

tionen erschließen aus biologischen Sachtexten, Bildern und Bild-Text-Kombinationen, einem C-Test zur Erfassung der allgemeinen Sprachkompetenz und einem Fragebogen zu Hintergrundmerkmalen (vgl. Ziepprecht, 2016), integriert, wodurch die Testzeit insgesamt 45 Minuten betrug. Die Anonymität sowie die Einhaltung ethischer Standards waren gewährleistet.

Die qualitative Auswertung erfolgte mittels einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) und wurde mit der Software MAXQDA durchgeführt. Zu beiden Forschungsfragen wurden die offenen Antworten der Schülerinnen und Schüler mittels eines deduktiv gebildeten Kategoriensystems ausgewertet, das auf Basis der Lernstrategie-Klassifikation von Christmann und Groeben (1999) entwickelt wurde. In Bezug auf Forschungsfrage 1 wurde das Datenmaterial zu Arbeitsauftrag 1 kodiert, in Bezug auf Forschungsfrage 2 das Datenmaterial zu Arbeitsauftrag 2. Ziel war es, Lernstrategien für das Erschließen biologischer Sachtexte zu identifizieren, über Kategorien zu konzeptualisieren und das Strategiewissen bzw. den Strategieeinsatz der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf biologische Sachtexte detailliert zu beschreiben. Formale Hauptkategorien bildeten *kognitive* und *metakognitive Lernstrategien*, die sich gemäß den Ausführungen in Abschnitt 2 in *Wiederholungs-, Organisations- und Elaborationsstrategien* bzw. *Planungs-, Überwachungs- und Regulationsstrategien* unterteilen lassen, sowie *Strategien des Ressourcenmanagements*. Inhaltliche Unterkategorien bildeten 65 Lernstrategien von Christmann und Groeben (1999), die diesen Hauptkategorien zugeordnet wurden. Christmann und Groeben (1999) unterteilen die *kognitiven Strategien* ihres Strategiekatalogs in *Wiederholungs-, Organisations- und Elaborationsstrategien*, was von den Autorinnen dieser Studie beibehalten wird. *Metakognitive Strategien* werden, entgegen Christmann und Groeben (1999), weiter in *Planungs-, Überwachungs- und Regulationsstrategien* unterteilt, um ein differenzierteres Bild der Strategien der Lernenden zu erhalten. Die formale Hauptkategorie *Strategien des Ressourcenmanagements* wird von den Autorinnen neu eingeführt, da Christmanns und Groebens Kategorie *Motivational-emotionale Strategien* nicht trennscharf erscheint. Einige Lernstrategien von Christmann und Groeben (1999) wurden von den Autorinnen gemäß der Definitionen der formalen Hauptkategorien verschoben. Da Christmann und Groeben (1999) ihre Klassifikation nicht als vollständig ansehen, wurde das Kategoriensystem in Fällen, in denen die Schülerinnen und Schüler über die Kategorisierung hinausgehende Lernstrategien nannten, induktiv erweitert. Gebildet wurden so die Unterkategorien *Sich Wichtiges merken, Sich den Text vorlesen lassen, Informationen ordnen, Dem Gedankengang des Autors folgen, Nachfragen, Unverständliches kennzeichnen, Unverständliches aus dem Text erschließen, Fremdwörter rausschreiben, Zusätzliche Informationen einho-*

len, *Sorgfältig lesen*, *In Ruhe lesen*, *Emotionen kontrollieren* und *Aufmerksam lesen* (in Tabelle 1 grau markiert). Das vollständige Kategoriensystem umfasst 78 Unterkategorien und wird in Tabelle 1 dargestellt. Eine umfassende Darstellung des Kategoriensystems mit genauen Kategoriedefinitionen und Ankerbeispielen können bei den Autorinnen angefragt werden. Zur Qualitätssicherung der Analyse wurde von 30 % des Datenmaterials eine Gegenkodierung vorgenommen. Die Übereinstimmung zwischen zwei unabhängigen Kodierern lag bei $\kappa = .96$ und kann nach Landis und Koch (1977) als nahezu perfekt interpretiert werden.

3.2 Ergebnisse

In Bezug auf Forschungsfrage 1 konnten mittels des deduktiv-induktiv gebildeten Kategoriensystems 222 Lernstrategien kodiert werden. Diese verteilen sich zu 31 % auf *Wiederholungsstrategien*, zu 27 % auf *Organisationsstrategien* und zu 1 % auf *Elaborationsstrategien (kognitive Lernstrategien)*. 5 % umfassen *Planungs-*, 1 % *Überwachungs-* und 22 % *Regulationsstrategien (metakognitive Strategien)*. Um *Strategien des Ressourcenmanagements* handelt es sich bei 13 % der Kodierungen. Am häufigsten konnte im Datenmaterial zu Arbeitsauftrag 1 die kognitive Wiederholungsstrategie *Wiederholt Lesen* kodiert werden (z. B. „*Ich lese mir den Text mehrmals durch.*“ P43, Z. 154; Nennung von 43 Schülerinnen und Schülern). Am zweit- und dritthäufigsten finden sich in den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler die kognitiven Organisationsstrategien *Wichtiges unterstreichen* und *Stichpunkte notieren* (z. B. „*Ich unterstreiche wichtige Dinge im Text.*“ P17, Z. 61; „*Bei wichtigen Texten schreibe ich mir Stichpunkte auf.*“ P61, Z. 220; Nennung von 28 bzw. 19 Schülerinnen und Schülern). Die ressourcenbezogene Lernstrategie *Sorgfältig lesen* konnte ähnlich häufig kodiert werden (z. B. „*Ich lese es sehr sorgfältig durch.*“; Nennung von 18 Schülerinnen und Schülern). Mehr als zehnmal wurden die metakognitiven Regulationsstrategien *Fremdwörter klären* und *Nachfragen* kodiert (z. B. „*Wörter, die ich nicht verstehe, schlage ich in einem Wörterbuch nach.*“ P1, Z. 2; „*[G]egebenenfalls frage ich beim Lehrer nach.*“ P10, Z. 32; Nennung von 13 bzw. 12 Schülerinnen und Schülern). Die Wiederholungsstrategien *Selektiv lesen* (z. B. „*Ich lese den Text erstmal grob.*“ P94, Z. 435) und *Orientierend lesen* (z. B. „*Ich überfliege den Text.*“ P111, Z. 411), die Organisationsstrategie *Schlüsselwörter finden und markieren* (z. B. „*Während ich den Text lese, markiere ich mir wichtige Wörter.*“ P77, Z. 283) sowie die metakognitiven Strategien *Das Lesen planen* (z. B. „*Ich schaue mir erst die Aufgabe an und lese dann den Text, um zu wissen, auf was ich achten muss.*“ P108, Z. 400), *Unverständliches erschließen* (z. B.

„[W]as ich nicht verstehe, versuche ich mir zu erschließen.“ P21, Z. 76) und *Unverständliches kennzeichnen* (z.B. „*Unterstreiche Wörter, die ich nicht kenne.*“ P97, Z. 353) konnten je bei 7–11 Schülerinnen und Schülern kodiert werden. Alle übrigen Lernstrategien wurden in Bezug auf Arbeitsauftrag 1 nur einzeln (1- bis 5-mal) oder nicht genannt (Tab. 1). 25% der Schülerinnen und Schüler beziehen bereits in ihrer Antwort zu Arbeitsauftrag 1 die Möglichkeit mit ein, dass sie beim Lesen etwas nicht verstehen und weitere Lernstrategien heranziehen müssen. Bei 16 dieser 28 Schülerinnen und Schüler beziehen sich diese Äußerungen auf mehr als unbekannte Wörter (z.B. „*Wenn ich ein Wort oder einen Satzzusammenhang nicht verstehe, versuche ich, mir selbst zu helfen und logische Schlussfolgerungen zu ziehen.*“ P67, Z. 243). 39% bzw. 2% der Schülerinnen und Schüler geben als Antwort zu Arbeitsauftrag 1 *Lesen* oder *Verstehen* an, wobei es sich gemäß der angewendeten Kodierregeln nicht um Lernstrategien handelt. 10% der Schülerinnen und Schüler nennen vor dem Hintergrund dieses Auswertungsverfahrens keine Lernstrategie (z.B. „*Ich lese den Text?!? Blöde Frage!!!*“ P100, Z. 369). Eine Schülerin bzw. ein Schüler gibt keine Antwort auf die Frage. 19% der Schülerinnen und Schüler geben eine Lernstrategie, 41% zwei, 20% drei, 8% vier und 2% fünf Lernstrategien an (z.B. „*Wichtigste Stellen unterstreichen. Schlüsselwörter merken. Versuchen, langsam zu lesen.*“ P36, Z. 131; „*Ich lese den Text erst gründlich. Meist auch mehrmals. Nicht zu verstehende Wörter schlage ich nach, suche im Internet oder frage andere Personen.*“ P7, Z. 24).

Hinsichtlich Forschungsfrage 2 konnten mittels des deduktiv-induktiv gebildeten Kategoriensystems 190 Lernstrategien kodiert werden. Die Lernstrategien, die Schülerinnen und Schüler für Situationen angeben, in denen sie einen Text im Biologieunterricht nicht verstehen, verteilen sich zu 42% auf *Wiederholungsstrategien*, zu 6% auf *Organisationsstrategien* und zu 2% auf *Elaborationsstrategien* (kognitive Lernstrategien). 2% umfassen *Überwachungs-* und 44% *Regulationsstrategien* (metakognitive Strategien). *Metakognitive Planungsstrategien* werden nicht genannt. Um *Strategien des Ressourcenmanagements* handelt es sich bei 4% der Kodierungen. Am häufigsten konnte auch im Datenmaterial zu Arbeitsauftrag 2 die kognitive Wiederholungsstrategie *Wiederholt Lesen* kodiert werden (z.B. „*Lese ich ihn nochmal: wenn ich es dann immer noch nicht verstanden habe, nochmal und nochmal.*“ P26, Z. 95; Nennung von 78 Schülerinnen und Schülern). Am zweit- und dritthäufigsten finden sich in den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler die metakognitiven Regulationsstrategien *Nachfragen* und *Fremdwörter klären* (Nennung von 50 bzw. 17 Schülerinnen und Schülern). In 46% der Fälle geben die Schülerinnen und Schüler explizit an, dass sie bei ihrer Lehrkraft nachfragen würden (z.B. „*Wenn ich den Text dann immer noch nicht verstanden habe, frage ich einen*

Tabelle 1: Deduktiv-induktiv gebildetes Kategoriensystem zu Lernstrategien beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten sowie absolute Häufigkeiten zur Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die diese Lernstrategien a) beim Lesen und b) beim Nicht-Verstehen nutzen.

Lernstrategiekategorie	a)	b)
Kognitive Lernstrategien		
Wiederholungsstrategien		
<i>Wiederholt lesen</i>	43	76
<i>Selektiv lesen</i>	10	2
<i>Orientierend lesen</i>	9	1
<i>Sich Wichtiges merken (induktiv)</i>	3	-
<i>Den Inhalt wiedergeben</i>	1	1
<i>Sich den Text vorlesen lassen (induktiv)</i>	1	-
<i>Das Gelesene wiederholen</i>	1	-
<i>Textpassagen abschreiben</i>	1	-
Nicht genannt: <i>Den Text vortragen, Textstellen aufsagen</i>		
Organisationsstrategien		
<i>Wichtiges unterstreichen</i>	28	4
<i>Stichpunkte notieren</i>	19	4
<i>Schlüsselwörter finden und markieren</i>	7	1
<i>Textabschnitte zusammenfassen</i>	3	2
<i>Den Text in Abschnitte gliedern</i>	2	1
<i>Randbemerkungen einfügen</i>	1	-
<i>Informationen ordnen (induktiv)</i>	1	-
Nicht genannt: <i>Information graphisch veranschaulichen, Cluster bilden, Textverknüpfungen markieren, Bedeutungsnetze erstellen, Überschriften formulieren, Ein Précis erstellen, Unwichtiges streichen, Relevante Abschnitte unterstreichen, Vorstrukturierungen schreiben, Randbemerkungen notieren</i>		
Elaborationsstrategien		
<i>Text mit dem Vorwissen vergleichen</i>	1	1
<i>Bildlich vorstellen</i>	1	1
<i>Den Text in eigenen Worten umschreiben</i>	1	-
<i>Beispiele finden</i>	-	1
<i>Hypothesen bilden</i>	-	1
Nicht genannt: <i>Analogien bilden, Fragen an den Text stellen, Zur Überschrift antizipieren, Paraphrasieren, Schlussfolgerungen ziehen, Zusammenhänge herstellen, Gegenargumente finden, Metaphern umschreiben, Das Gelesene beurteilen, Inkonsistenzen im Text entdecken</i>		

Metakognitive Lernstrategien

Planungsstrategien

<i>Das Lesen planen</i>	10	-
<i>Das Vorwissen aktivieren</i>	1	-
Nicht genannt: <i>Strategien auswählen, Den Beitrag des Textes zum Thema klären, Ein Ziel setzen, Leseerwartungen formulieren</i>		

Überwachungsstrategien

<i>Zum Text gestellte Fragen beantworten</i>	1	-
<i>Das Verstehen überprüfen</i>	1	-
<i>Im Anschluss über das Gelesene reden</i>	-	3
<i>Dem Gedankengang des Autors folgen (induktiv)</i>	-	1
Nicht genannt: <i>Textschwierigkeiten erkennen, Aufgabenschwierigkeit erkennen, Das Behalten überprüfen, Im Text vor- und rückwärts springen, Ein gesetztes Ziel überprüfen, Behaltenes nach dem Lesen aufschreiben, Leseergebnisse für den Eigen-/Fremdbedarf fixieren, Anschlussfestfassen, Das Textthema benennen</i>		

Regulationsstrategien

<i>Fremdwörter klären</i>	13	17
<i>Nachfragen (induktiv)</i>	12	50
<i>Unverständliches erschließen (induktiv)</i>	11	5
<i>Unverständliches kennzeichnen (induktiv)</i>	7	3
<i>Fremdwörter rausschreiben (induktiv)</i>	3	3
<i>Zusätzliche Informationen einholen (induktiv)</i>	2	5
Nicht genannt: <i>Aufgabenschwierigkeit beheben, Widersprüchliche Textstellen diskutieren, Fachwörter analysieren</i>		

Lernstrategien für das Management interner Ressourcen

<i>Sorgfältig lesen (induktiv)</i>	21	4
<i>In Ruhe lesen (induktiv)</i>	4	2
<i>Emotionen kontrollieren (induktiv)</i>	2	-
<i>Aufmerksam lesen (induktiv)</i>	1	-
<i>Konzentration aufrecht erhalten</i>	-	1
Nicht genannt: <i>Sich motivieren, Angst bewältigen, Positiv und konstruktiv denken</i>		

Lernstrategien für das Management externer Ressourcen

Nicht genannt

Lehrer.“ P2, Z. 7; „[Die] Lehrer fragen (dazu sind sie da).“ P109, Z. 405). In 5% der Fälle würden sie andere Mitschülerinnen und Mitschüler fragen (z. B. „[Ich] frage meinen Sitznachbarn.“ P83, Z. 304; „[Ich] frage dann gegebenenfalls Mitschüler, die es erklären können.“ P98, Z. 358). Alle übrigen Lernstrategien werden vereinzelt (1- bis 5-mal) oder nicht genannt (Tab. 1). Zu Arbeitsauftrag 2 geben nur 2% der Schülerinnen und Schüler *Lesen* oder *Verstehen* als Antwort an. 4,5% der Schülerinnen und Schüler äußern keine Lernstrategie. Drei Schülerinnen und Schüler antworten nicht auf die Frage, zwei weitere geben an, dass sie das *Informationen erschließen* bei Nicht-Verstehen abbrechen („[Dann h]öre ich auf zu lesen und warte auf die Lösung.“ P96, Z. 350). 39% der Schülerinnen und Schüler geben eine und 39% geben zwei Lernstrategie/n an. 13% der Schülerinnen und Schüler nennen drei und 3% der Schülerinnen und Schüler vier Lernstrategien. 57% der Schülerinnen und Schüler geben zu Arbeitsauftrag 2 dieselben Lernstrategien wie zu Arbeitsauftrag 1 an. In einigen Fällen spezifizieren die Schülerinnen und Schüler ihre Lernstrategien (z. B. „Ich stelle Fragen.“ vs. „Ich stelle meinem Lehrer die Fragen.“ P57, Z. 208). 43% der Schülerinnen und Schüler nennen bei Arbeitsauftrag 2 neue Lernstrategien. In 62% bzw. 17% der Fälle handelt es sich dabei um die Lernstrategien *Nachfragen* und *Fremdwörter klären*. Nur in 20% der Fälle wird eine der bei Nicht-Verstehen vereinzelt genannten Lernstrategien genannt.

Wie in Tabelle 1 zu sehen, konnten 41 der 78 deduktiv-induktiv gebildeten Unterkategorien und damit die Hälfte der von Christmann und Groeben (1999) beschriebenen Lernstrategien nicht kodiert werden. Sie verteilen sich auf alle formalen Hauptkategorien.

3.3 Diskussion

(F1) Neben von einzelnen Schülerinnen und Schülern genannten *kognitiven Lernstrategien* lässt sich ein Strategierepertoire der Probandinnen und Probanden beschreiben, welches im Wesentlichen die Werkzeuge *Wiederholt lesen*, *Orientierend lesen* und *Selektiv lesen* in der Kategorie *Wiederholungsstrategien* sowie *Wichtiges unterstreichen*, *Stichpunkte notieren*, und *Schlüsselwörter finden und markieren* bei den *Organisationsstrategien* umfasst. *Elaborationsstrategien* werden nur selten genannt. Es kann angenommen werden, dass die nicht genannten Strategien den Schülerinnen und Schülern entweder nicht bekannt sind oder dass diese nicht ausreichend gefestigt sind, um routiniert angewendet bzw. benannt zu werden. In diesem Zusammenhang wird im Weiteren aber auch das Fragebogenformat kritisch diskutiert. Die Ergebnisse decken sich mit entsprechenden Studien, nach denen gerade Schülerinnen und Schü-

ler der Mittelstufe noch vielfach auf *Wiederholungsstrategien* zurückgreifen und *Elaborationsstrategien* nur selten nutzen (Lewalter, 1997, 2003; Bannert, 2005; Baumert, 1993). Verschiedene Autorinnen und Autoren (u. a. Rosebrock & Nix, 2010) gehen jedoch davon aus, dass gerade diese kognitiven Strategien benötigt werden, um bewusst über die unmittelbare Textebene hinauszugehen und zu einem tiefgründigen Textverständnis zu gelangen.

In Bezug auf die *metakognitiven Strategien* werden neben der Planungsstrategie *Das Lesen planen* die Regulationsstrategien *Fremdwörter klären*, *Nachfragen*, *Unverständliches kennzeichnen* und *Sich Unbekanntes aus dem Text erklären* benannt. Bei einer näheren Betrachtung der angegebenen *metakognitiven Strategien* lässt sich feststellen, dass die Schülerinnen und Schüler stark am Verständnis unbekannter Aspekte orientiert sind und versuchen, unbekannte Fachbegriffe und unverständliche Details zu klären oder diese markieren. Dies kann im Sinne von Hohm (2012) als Hinweis darauf gewertet werden, dass Lernende ohne differenziertes metakognitives Wissen und die damit verbundenen Strategien das Lesen eher als Decodieren von Sprache denn als Konstruktion von Sinn begreifen und nicht bemerken, wenn sie einen Text nicht verstehen und somit Schwierigkeiten bei der Texterschließung haben. Unbekannte Wörter nachzuschlagen und zu klären wird auch von Rosebrock und Nix (2010) als nicht besonders hilfreich erachtet, da bei dieser Vorgehensweise die Gefahr besteht, dass die Orientierung vom Textverstehen hin zum Wortverstehen verschoben wird. Auffällig ist zudem, dass zahlreiche Schülerinnen und Schüler beim Erschließen von Informationen aus biologischen Sachtexten Strategien für das Management interner Ressourcen einsetzen. Diese beziehen sich allerdings fast immer auf das Lesen. Nur in einem Fall wird eine wirkliche Lernstrategie durch den Ressourceneinsatz verstärkt („*Informationen genauer herausschreiben*“ P95, Z. 346).

(F2) In Bezug auf ein Szenario, bei dem die Lernenden Schwierigkeiten beim Verständnis eines Textes haben, dominieren Angaben zu den Strategien *Wiederholt lesen* und *Nachfragen*. Das Nachfragen wird von Rosebrock und Nix (2010) jedoch als wenig hilfreiche Strategie angesehen. Sie gehen davon aus, dass Erklärungen der Lehrkraft oder von anderen Personen allein oft nicht weiterhelfen. In etwas mehr als der Hälfte der Fälle wird die gleiche Strategie erneut eingesetzt. Dementsprechend lässt sich schlussfolgern, dass die Schülerinnen und Schüler Verständnisschwierigkeiten eher hilflos – im Sinne von strategielos – gegenüberstehen. Die Befunde zu F2 untermauern das Ergebnis bei F1, dass die Lernenden über ein eher eingeschränktes Strategierepertoire verfügen und im Fall von Verständnisproblemen keine weiteren Werkzeuge aus ihrem mentalen Werkzeugkoffer ziehen können.

In Hinblick auf die Ergebnisse sind einige Limitationen der Studie zu diskutieren. Zunächst ist anzumerken, dass in der wissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl von unterschiedlichen Kategorisierungsansätzen für Lernstrategien existiert und dass die Kategorien keineswegs immer trennscharf sind (z. B. Ressourcen/metakognitive Planung) (Christmann & Groeben, 1999). Vor diesem Hintergrund kommt den Kodieranweisungen und der -übereinstimmung in der vorliegenden Untersuchung eine besonders hohe Bedeutung zu. An dieser Stelle gilt es zudem zu reflektieren, dass es sich bei den Strategienennungen um den Schülerinnen und Schülern bewusste Strategien handelt. Es kann daher sein, dass sich diese Einschätzung von ihrem tatsächlichen Strategiegebrauch unterscheidet, da bestimmte Strategien unbewusst angewendet werden. Da davon ausgegangen wurde, dass sich nicht alle Lernenden etwas unter dem Begriff *Strategie* vorstellen können, wurden sie gebeten, möglichst genau zu beschreiben, wie sie vorgehen, wenn sie einen biologischen Sachtext verstehen wollen. Dies kann ebenfalls dazu geführt haben, dass die Probandinnen und Probanden nicht an die tatsächlich von ihnen in einer solchen Situation eingesetzten Strategien gedacht und stattdessen vielfach das Lesen genannt haben. Um noch ausführlichere Informationen über die Strategien der Schülerinnen und Schüler zu gewinnen, sollte die vorliegende Studie durch weitere qualitative Untersuchungen beispielsweise mit *Stimulated Recall Interviews* nach dem tatsächlichen Lesen eines biologischen Sachtexts ergänzt werden.

Die Daten dieser Erhebung zeigen dennoch eindrücklich auf, dass die untersuchten Probandinnen und Probanden insgesamt mit einem eher eingeschränkten Strategierepertoire an biologische Sachtexte herangehen und auf Schwierigkeiten oftmals nicht adäquat reagieren können. Dies wird auch durch die Analyse der Besonderheiten in den Angaben der Schülerinnen und Schüler deutlich, nämlich dadurch, dass 60 % von ihnen bei der Beantwortung der ersten Frage keine, eine oder maximal zwei Lesestrategien nennen. Zudem wird das Lesen vielfach benannt. Dieses stellt jedoch im eigentlichen Sinne keine Strategie im Sinne der Definitionen von Hohm (2012) bzw. Taconis, Ferguson-Hessler und Broekkamp (2001) dar. Vor dem Hintergrund, dass der Leseprozess laut Hohm (2012, S. 103) „dann am effektivsten verläuft, wenn [...] unterschiedliche Strategien miteinander kombiniert“ eingesetzt werden, ist das Strategierepertoire der Probandinnen und Probanden als ausbaufähig anzusehen. Betrachtet man Art, Umfang und auch Komplexität biologischer Sachtexte im Biologieunterricht, so nimmt diese über die Schuljahre kontinuierlich zu. In der Oberstufe steht dann entsprechend auch das wissenschaftspropädeutische Arbeiten und eine vertiefte biologische Bildung, die für Studium und Berufsausbildung mit Biologiebezug grundlegend ist, im Vordergrund (KMK, 2004). Ein wenig ausdifferenziertes Strategiewissen kann zu Texterschließungs-

schwierigkeiten führen, da die komplexer werdenden Fachtexte einen differenzierten Strategiegebrauch erfordern. Dementsprechend sollten die Schülerinnen und Schüler bereits in der Mittelstufe darin unterstützt werden, ein ausdifferenziertes und für biologische Sachtexte geeignetes Strategierepertoire aufzubauen. Hierfür bedarf es spezifischer, auf den Biologieunterricht zugeschnittener Unterrichtsmaterialien, die bisher jedoch nur vereinzelt vorliegen (u. a. Ziepprecht, Grospietsch & Wulff, 2018).

Literatur

- Bannert, M. (2005). Explorationsstudie zum spontanen metakognitiven Strategie-Einsatz in hypermedialen Lernumgebungen. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.), *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* (S. 129–153). Münster: Waxmann.
- Bannert, M. (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien*. Münster: Waxmann.
- Baumert, J. (1993). Lernstrategien, motivationale Orientierung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen im Kontext schulischen Lernens. *Unterrichtswissenschaft*, 21(4), 327–354.
- Beck, C. & Nerdel, C. (2016). Ein Bild sagt mehr als tausend Worte. Bildverständnis im Biologieunterricht diagnostizieren und fördern. *Unterricht Biologie*, 40, 38–43.
- Brown, A.L. (1978). Metacognitive Development and Reading. In R.J. Spiro, B.C. Bruce & W.F. Brewer (Hrsg.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension* (S. 453–481). Hillsdale: Erlbaum.
- Brown, A.L. (1984). Metakognition, Handlungskontrolle, Selbststeuerung und andere noch geheimnisvollere Mechanismen. In F.E. Weinert & R.H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen* (S. 60–108). Stuttgart: Kohlhammer.
- Christmann, U. & Groeben, N. (1999). Psychologie des Lesens. In B. Franzmann, K. Hasemann, D. Löffler, E. Schön, G. Jäger, W.R. Langenbacher & F. Melicher (Hrsg.), *Handbuch Lesen* (S. 145–223). München: K. G. Saur.
- Cromley, J.G., Snyder-Hogan, L.E. & Luciw-Dubas, U.A. (2010). Reading Comprehension of Scientific Text: A Domain-Specific Test of the Direct and Inferential Mediation Model of Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 687–700. <https://doi.org/10.1037/a0019452>
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive-Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J.H. (1984). Annahmen zum Begriff Metakognition sowie zur Entwicklung von Metakognition. In F.E. Weinert & R.H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen* (S. 23–31). Stuttgart: Kohlhammer.

- Gierlich, H. (2005). Sachtexte als Gegenstand des Deutschunterrichts – einige grundsätzliche Überlegungen. In M. Fix & R. Jost (Hrsg.), *Sachtexte im Deutschunterricht* (S. 25–47). Baltmannsweiler: Schneider.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zu Allgemeiner Bildung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Grzesik, J. (1990). *Textverstehen lernen und lehren. Geistige Operationen im Prozess des Textverstehens und typische Methoden für die Schulung zum kompetenten Leser*. Stuttgart: Klett.
- Hohm, M. (2012). *Sprachbewusstheit, Lesekompetenz und Textverstehen. Wie Grammatik beim Lesen hilft*. Saarbrücken: Akademikerverlag.
- Kaiser, A. & Kaiser, R. (1999). *Metakognition. Denken und Problemlösen optimieren*. Neuwied: Luchterhand.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004)*. München: Luchterhand.
- KMK – Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- v. Kotzebue, L., Gerstl, M. & Nerdel, C. (2015). Common Mistakes in the Construction of Diagrams in Biological Contexts. *Research in Science Education*, 45(2), 193–213. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9419-9>
- Kuhn, D. & Dean, D. (2004). Metacognition: A Bridge Between Cognitive Psychology and Educational Practice. *Theory into Practice*, 43(4), 268–273. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4304_4
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.
- Landis, J.R. & Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lewalter, D. (1997). Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen. *Unterrichtswissenschaft*, 25(3), 207–222.
- Lewalter, D. (2003). Cognitive Strategies for Learning from Static and Dynamic Visuals. *Learning and Instruction*, 13(2), 177–189. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00019-1)
- Mandl, H. & Friedrich, H.F. (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.
- Marton, F. & Säljö, R. (1984). Approaches to Learning. *The Experience of Learning*, 2, 39–58.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12. Auflage). Weinheim: Beltz.
- Nitz, S., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117–139.

- Norris, S.P. & Phillips, L.M. (2003). How Literacy in its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Pintrich, P.R., Marx, R.W. & Boyle, R.A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167–199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>
- Rosebrock, C. & Nix, D. (2010). *Grundlagen der Lesedidaktik und der systematischen schulischen Leseförderung*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Scherb, C.A. & Nitz, S. (2020). Attitudes of Biology Teachers Towards Learner-Generated External Visual Representations. *Research in Science Education*, 50, 2533–2558. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9792-x>
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M.G.M. & Broekkamp, H. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442–468. <https://doi.org/10.1002/tea.1013>
- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The Teaching of Learning Strategies. In M.C. Wittrock (Hrsg.), *The Handbook of Research on Teaching* (S. 315–327). New York: Macmillan.
- Wild, K.P. (2000). *Lernstrategien im Studium: Strukturen und Bedingungen*. Münster: Waxmann.
- Ziepprecht, K. (2016). *Strategien und Kompetenzen von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen*. Berlin: Logos.
- Ziepprecht, K., Grospietsch, F. & Wulff, C. (2018). Biologische Texte effektiv lesen – mit einem eigenen Strategie-Werkzeugkasten zum erfolgreichen Textverstehen. *Unterricht Biologie kompakt*, 42(438), 5–10.
- 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(1), 113–125. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0061-8>

Irina Streich¹ & Anne Cohonner²

„Wünschenswerte Erschwernisse“ im Kontext des Forschenden Lernens – Sind langfristige Lernerfolge beim Forschenden Lernen ein Ergebnis des Generierungs- oder Testeffekts?

Im Rahmen der Exzellenz-Initiative des Landes Hessen (LOEWE) wurde 2015 an der Universität Kassel der Forschungsschwerpunkt „Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen: Kognitive Mechanismen, Entwicklungsvoraussetzungen und effektive Umsetzung im Unterricht“ ins Leben gerufen, an dem Jürgen Mayer aus der Fachdidaktik Biologie und andere Forschende aus den Fachgebieten der Psychologie, Erziehungswissenschaft sowie der Fachdidaktik Mathematik beteiligt waren. Gegenstand des Schwerpunkts war die wissenschaftliche Untersuchung von didaktischen Maßnahmen, die Lernprozesse subjektiv erschweren, zugleich aber das längerfristige Behalten und den Transfer von Wissen fördern. Die Arbeiten aus der Fachdidaktik Biologie unter Jürgen Mayers Leitung widmeten sich der Verknüpfung von wichtigen Erkenntnissen aus der fachdidaktischen Forschung zum Forschenden Lernen mit kognitionspsychologischer Forschung zum Generierungseffekt (Irina Streich) und Testeffekt (Anne Cohonner). Jürgen Mayer legte großen Wert darauf, dass beide Projekte, sowohl inhaltlich als auch methodisch, von der Zusammenarbeit verschiedener Fachgebiete aus diesem besonderen interdisziplinären Projekt profitierten. In der Projektarbeit stand Jürgen Mayer Anne Cohonner und Irina Streich, aber auch allen anderen Kolleginnen und Kollegen, stets mit seiner fachlichen Expertise sowie mit seiner konstruktiven Kritik zur Seite. Zahlreiche gewinnbringende Gespräche, unzählige wertvolle Ideen und ein unbezahlbarer Erfahrungsschatz und Weitblick zeichneten die Arbeit mit Jürgen Mayer aus.

1 Wünschenswerte Erschwernisse

Seit den Ergebnissen der internationalen Vergleichsstudien von PISA und TIMSS, die gezeigt haben, dass neu erworbene Wissensinhalte weder langfristig gespeichert noch flexibel auf neue Problemstellungen angewandt werden können, ist die Ausbildung von langfristigem und flexiblem Fach- und insbesondere Methodenwissen zu einem wichtigen Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts erklärt worden. Einen besonders vielversprechenden Ansatz zur Steigerung von flexiblem und nachhaltigem Lernen bietet Robert Bjorks Konzept der *Wünschenswerten Erschwernisse* (Bjork, 1994). Das Konzept be-

1 geb. Irina Kaiser

2 geb. Anne Erichsen

ruht auf der Annahme, dass der Einsatz didaktischer Maßnahmen, die den Lernerfolg kurzfristig erschweren, das Behalten und den Transfer der gelernten Inhalte jedoch langfristig fördern kann. Vier dieser besonderen Lernstrategien sind empirisch besonders gut belegt: 1) *Generierungseffekt*, 2) *Testeffekt*, 3) *Verteiltes Lernen*, 4) *Verschachteltes Lernen*. Alle vier Lernstrategien steigern die langfristige Behaltensleistung und die Flexibilität erworbener Wissensinhalte, indem sie den Lernprozess absichtlich erschweren, wodurch die kognitive Aktivierung der Lernenden zunehmend erhöht wird. Dies ermöglicht eine tiefere Verarbeitung und stärkere Vernetzung der Lerninhalte mit dem Vorwissen der Lernenden.

Ein grundsätzliches Ziel kognitionspsychologischer Forschung ist die Implementierung effektiver Lernstrategien in den Kontext von Schule, nachdem diese ausgiebig unter Laborbedingungen erforscht wurden. Bisherige Untersuchungen zu den *Wünschenswerten Erschwernissen* beschränken sich allerdings überwiegend auf wenig komplexe Lerninhalte in streng kontrollierten Laborbedingungen. Was bislang nur unzureichend geklärt wurde, ist, unter welchen Voraussetzungen *Wünschenswerte Erschwernisse* zur Entwicklung effektiverer Lernmethoden im Kontext von Schule führen können. Nur wenige Studien (bspw. Projekt IDDEAS, Richland, Linn & Bjork, 2007) untersuchten den Einsatz der Lernstrategien in authentischen Lernsettings, wie dem naturwissenschaftlichen Unterricht. Daher wurde 2015 im Rahmen der Exzellenz-Initiative des Landes Hessen (LOEWE) der Forschungsschwerpunkt „*Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen: Kognitive Mechanismen, Entwicklungsvoraussetzungen und effektive Umsetzung im Unterricht*“ an der Universität Kassel ins Leben gerufen, an dem, neben den Fachgebieten der Psychologie und der Erziehungswissenschaften, auch die Fachdidaktiken Mathematik und Biologie beteiligt waren. Jürgen Mayer übernahm die Leitung des Teilprojekts 6, das sich der Untersuchung des Generierungseffekts im Rahmen des fachspezifischen Unterrichtsmodells des Forschenden Lernens (*Inquiry-based learning*) anhand lehrplanbezogener Inhalte im Biologieunterricht widmete. Da das aktive Generieren eine wichtige Komponente des Forschenden Lernens darstellt, galt es den Einfluss dieses Faktors auf die kurzfristige sowie langfristige Behaltensleistung zu untersuchen und das mögliche Potential dieses Enkodierungsformats beim Erwerb von Fach- und Methodenwissen (deklarativer und prozeduraler Wissensinhalte) zu erforschen. Weiterhin betreute Jürgen Mayer ein Projekt, das sich mit dem Nutzen des Testeffekts im Kontext des Forschenden Lernens beschäftigte. Aufgrund der konzeptionellen Nähe zum Forschungsschwerpunkt wurde das vorliegende Projekt kooptiert. Gerade die Untersuchung von Maßnahmen der Konsolidierung wird bislang kaum innerhalb des Ansatzes des Forschenden Lernens berücksichtigt, wodurch eine Fokussierung auf diesen Schwerpunkt notwendig erschien. Die Lernumgebungen beider Projekte waren

nach dem Modell des naturwissenschaftlich-forschenden Lernens konzipiert (inkl. praktischer Experimente) und inhaltlich im Themengebiet der „Ökologie“ (Angepasstheit an den Lebensraum) angesiedelt. Das Instruktionsmodell des Forschenden Lernens zielt auf die Vermittlung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht (Abd-El-Khalick et al., 2004). Der Prozess der Erkenntnisgewinnung wird dabei analog zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gestaltet. In diesem Prozess findet sowohl die Vermittlung von Fachkonzepten als auch domänenspezifischer Prozeduren statt (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000; Mayer, 2007). Der parallele Erwerb von Fach- und Methodenwissen wird dadurch ermöglicht, dass sich der Lernprozess an den Prozeduren des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses orientiert (Mayer, 2007).

1.1 Generierungseffekt

Der Generierungseffekt beschreibt ein Phänomen, bei dem Informationen, die eigenständig zur Lösung eines Problems hervorgebracht werden, besser behalten und erinnert werden können als passiv enkodierte Informationen (Slamecka & Graf, 1978). Er ist ein umfassend empirisch belegter Befund (Bertsch, Pesta, Wiscott & McDaniel, 2007; deWinstanley, 1995; Karpicke & Zaromb, 2010; McDaniel, Waddill & Einstein, 1988), der allerdings in der Mehrzahl der Fälle für wenig komplexe, inkohärente Lerninhalte in streng kontrollierten Laborbedingungen nachgewiesen werden konnte. In einem typischen Lernsetting gilt es, isolierte Fakten, wie Wörter, Wort- oder Satzfragmente, unter Anwendung einer vorgegebenen Regel (z. B. Bildung von Synonymen, Antonymen, Reimen) oder auf dargebotene Wortfragmente oder Hinweisreize innerhalb der Experimentalbedingung, zu generieren, während die Kontrollgruppe die entsprechenden Wörter oder Sätze lediglich liest, d. h., passiv rezipiert. In einem nachgeschalteten Leistungstest, der sowohl direkt im Anschluss an die Lerneinheit und/oder nach Ablauf mehrerer Stunden oder Tage erfolgen kann, werden die Abrufraten beider Bedingungen miteinander verglichen (Foos, Mora & Tkacz, 1994). Lernende der Experimentalbedingung können in der Mehrzahl der Studien weitaus mehr Wörter erinnern als Probanden der Kontrollgruppe. In einer Metaanalyse mit 86 Studien konnte eine Gesamteffektstärke von $d = 0.40$ nachgewiesen werden (Bertsch et al., 2007). Elf verschiedene Moderatoren konnten identifiziert werden, die den Generierungseffekt beeinflussen; u. a. stellte sich heraus, dass ein höheres Alter, das Generieren von Zahlen (und damit prozeduralem Wissen), Berechnungen und Satzvervollständigungen, ein hoher Schwierigkeitsgrad, Gedächtnistests mit Abrufhil-

fen und ein Retentionsintervall von mehr als einem Tag das Ausmaß des Effekts steigern können. Unter welchen Voraussetzungen der Generierungseffekt in einer authentischen Lernumgebung wie dem Forschenden Lernen mit curricular validen Inhalten auftritt und welches Potential das Enkodierungsformat für nachhaltiges Lernen birgt, sollte im Rahmen des Teilprojekts 6 von LOE-WE untersucht werden.

1.2 Testeffekt

Der Testeffekt beschreibt das Phänomen, dass Lerninhalte besser behalten werden, wenn diese aktiv durch die Bearbeitung von Testaufgaben reproduziert werden statt diese repetitiv (z. B. durch Lesen) zu wiederholen (Roediger & Butler, 2011). Innerhalb der Kognitionspsychologie stellt der Testeffekt einen der am besten belegten lehr- und lernrelevanten Effekte dar (Roediger & Karpicke, 2006). Allerdings beziehen sich die nachgewiesenen Befunde auf wenig komplexe sowie inkohärente Lerninhalte, die in streng kontrollierten Lernsettings unter Laborbedingung eingeübt werden (Roediger & Karpicke, 2006). In den Studien wurden nach einer initialen Lernphase die Inhalte entweder durch die Bearbeitung von Testaufgaben (Experimentalbedingung) oder durch das erneute Rezipieren (Kontrollbedingung) konsolidiert. Nach einem entsprechenden Retentionsintervall konnte die Experimentalbedingung weitaus mehr Informationen abrufen als die Kontrollbedingung. In mehreren Metaanalysen konnten für den Testeffekt mittlere Effektstärken von $d = 0.54$ nachgewiesen werden (Bangert-Drowns, Kulik, Kulik & Morgan, 1991; Rowland, 2014). Der positive Effekt bei der Testbearbeitung wird durch den hohen Gedächtnisaufwand sowie durch tiefere Verarbeitungsprozesse erklärt (Karpicke, Lehmann & Aue, 2014). Als Prädiktoren für den Nutzen von Testaufgaben zur langfristigen Konsolidierung konnten die mentale Anstrengung sowie die Richtigkeit der erinnerten Wissensbestände identifiziert werden (Pyc & Rawson, 2009). So konstatiert die Metaanalyse von Rowland eine Steigerung der Effektgröße von $d = 0.73$ beim Einsatz von Feedback. Weiterhin stellen die Art des Feedbacks, das Aufgabenformat des Tests (*free vs. cued recall*) sowie das Retentionsintervall Größen dar, die den Effekt beeinflussen können. Bislang umstritten ist, inwieweit sich der Lernzuwachs gleichermaßen für das Behalten von Fakten sowie für höhere kognitive Anforderungen in authentischen Lernsettings zeigt (Carpenter, Pashler & Vul, 2006; Roelle & Berthold, 2017). An dieser Stelle knüpft das vorliegende Projekt an, indem es untersucht, unter welchen Voraussetzungen sich der Testeffekt in authentischen Lernsettings mit curricular validen Lerninhalten nachweisen lässt.

2 Generieren und Testen im Kontext des Forschenden Lernens

Generieren

Das aktive Generieren von Wissen stellt eine von vielen kennzeichnenden Komponenten des Forschenden Lernens dar (u. a. Problemorientierung, Handlungsorientierung, Kollaboration, hypothetisch-deduktives Vorgehen). Befürworter des Forschenden Lernens gehen davon aus, dass Wissen besser verinnerlicht werden kann, wenn es aktiv vom Lernenden erzeugt wird (Mayer & Ziemek, 2006). Doch obwohl Metaanalysen eine überdurchschnittliche Lerneffektivität des Forschenden Lernens bestätigen, wurde der Fokus bisheriger Untersuchungen nicht auf den Einfluss aktiven Generierens gelegt. Die mögliche Wirkung dieser entscheidenden Komponente auf die langfristige Behaltensleistung und den Transfer machte eine Erweiterung bisheriger Forschungsbefunde erforderlich.

Im Gegensatz zu Untersuchungen in gut kontrollierten Laborbedingungen mit wenig komplexen Lerngegenständen, sind Schülerinnen und Schüler beim Forschenden Lernen häufig vor das Problem gestellt, Wissensinhalte und fachliche Zusammenhänge in manchen Fällen nicht korrekt oder erst gar nicht generieren zu können. Dies resultiert aus mangelndem Vorwissen oder fehlender freier Lernkapazität, die aus einer relativ komplexen Lernumgebung hervorgeht. Erst wenn Lernende zentrale Fachinhalte in den Blick nehmen können und diese korrekt generieren, kann sich das Enkodierungsformat als nachhaltig erweisen (Foos et al., 1994; Richland, Bjork, Finley & Linn, 2005). Um dem Problem der Fehleranfälligkeit entgegenzuwirken, empfiehlt es sich, auf eine lehrerzentrierte Steuerung des Generierungsprozesses zurückzugreifen, die ein gelenktes Generieren komplexerer Lerninhalte beim Forschenden Lernen erlaubt (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Zu diesen Steuerungsformaten gehören u. a. gestufte Lernhilfen (Arnold, Kremer & Mayer, 2014), Feedback (Lazonder & Harmsen, 2016) oder Lösungsbeispiele (*worked examples*, Kant, Scheiter & Oschatz, 2017).

Eine besondere Stellung nimmt das Feedback beim Generieren von Wissensinhalten im Unterricht ein. Denn genauso wie korrekt generierte Inhalte können auch falsch generierte Informationen nachhaltig im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Um dem entgegenzuwirken, kann ein Feedback im Anschluss an den Generierungsprozess gegeben werden. Das Generieren von Fehlern hat dadurch keine nachhaltigen Konsequenzen für die Lern- und Gedächtnisleistung der Lernenden (Metcalfe & Kornell, 2007). Auch die Nutzung von Lösungsbeispielen kann den Prozess des Generierens erleichtern. Der sogenannte *worked-example effect* konnte in zahlreichen Studien mit überwiegend mathematischen Lerninhalten belegt werden (bspw. Atkin-

son, Derry, Renkl & Wortham, 2000; Renkl, 1997; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011). Welchen Nutzen Lösungsbeispiele im naturwissenschaftlichen Unterricht im Kontext des Forschenden Lernens finden, konnte jedoch nur in wenigen Untersuchungen ermittelt werden, die sich zudem nur auf virtuelle Versuchsdurchführungen beschränken (Kant et al., 2017). Das Teilprojekt 6 der Forschungsschwerpunkts *Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen* widmete sich daher neben der Erforschung nachhaltiger Lerneffekte durch aktives Generieren beim Forschenden Lernen auch der Analyse wichtiger Moderatoren nachhaltiger Behaltensleistungen, wie dem Feedback, Lösungsbeispielen, spezifischer Lernermerkmale (u. a. Vorwissen, kognitive Fähigkeiten. Kognitionsbedürfnis) und dem Generierungserfolg der Schülerinnen und Schüler.

Testen

Kognitionspsychologische Forschungsansätze betonen allerdings auch, dass das angestrebte Ziel einer langfristigen Verfügbarkeit von Wissensinhalten nur erreicht werden kann, wenn neben der Konstruktion von Wissensinhalten ebenfalls die Konsolidierung durch geeignete Instruktionsmaßnahmen im Lernprozess berücksichtigt wird (Bjork, 1994). Steuerungsmöglichkeiten wie u. a. gestufte Lernhilfen (Arnold et al., 2014), Feedback (Lazonder & Harmesen, 2016) oder Lösungsbeispiele (*worked examples*, Kant et al., 2017) stellen Maßnahmen dar, die sich lediglich auf die Erleichterung des Enkodierprozesses beziehen. Maßnahmen, die auch die Konsolidierung von Lerninhalten berücksichtigen, wurden im Ansatz des Forschenden Lernens bislang nicht untersucht. Weiterhin konnten Studien nachweisen, dass fachwissenschaftliche Lerninhalte oftmals unzureichend erworben werden und hinter den Lerneffekten für fachmethodische Fähigkeiten zurückbleiben (Hof, 2011; Dochy, Sergers, van den Bossche & Gijbels, 2003). Dies macht eine Fokussierung auf die Konsolidierung von fachwissenschaftlichen Inhalten erforderlich, um der janusköpfigen Ausrichtung des Forschenden Lernens gerecht zu werden. Mit diesem Schwerpunkt beschäftigt sich das vom Forschungsschwerpunkt *Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen* kooptierte Teilprojekt. Zentral sollten neben der Analyse langfristiger Lerneffekte ebenfalls zentrale Moderatoren, die den Effekt positiv beeinflussen, identifiziert werden. Dabei werden bei der Integration die gedächtniswirksamen Regeln von Frey, Frey-Eiling und Landolt-Marazzi (1989) berücksichtigt. Demnach wird die Übungsphase mit dem Lernprozess kombiniert (geringer zeitlicher Abstand zwischen Enkodierung und Konsolidierung), die Inhalte aktiv reproduziert (Test vs. Lesen) sowie die Antworten kontrolliert und verstärkt (Feedback).

3 Wichtige Erkenntnisse zum Generieren und Testen naturwissenschaftlicher Inhalte beim Forschenden Lernen

Letztendlich zeigen die Studien³ des Teilprojekts 6, dass das Enkodierungsformat des Generierens nur in einem begrenzten Ausmaß und unter gewissen Voraussetzungen auch in einer authentischen Lernumgebung wie dem Unterrichtsmodell des Forschenden Lernens eine *Wünschenswerte Erschwernis* darstellt und zur Steigerung eines nachhaltigen Lernerfolgs beitragen kann: Lediglich für den Erwerb von Methodenwissen (Variablen-Kontroll-Strategie) zeigte sich in den durchgeführten Untersuchungen ein Generierungseffekt. Wie bereits vorangegangene Studien erkennen ließen, scheint auch hier das deklarative und prozedurale Gedächtnis unterschiedlich stark vom Generierungsprozess zu profitieren (Bertsch et al., 2007). Ferner erwies sich Feedback als notwendige Voraussetzung für die Lerneffektivität dieses Enkodierungsformats hinsichtlich beider Wissensdomänen. Denn die intrinsische sowie extrinsische kognitive Belastung der Schülerinnen und Schüler ließ sich durch den Einsatz von Feedback signifikant reduzieren, wodurch höhere kurz- und langfristige Lerneffekte erzielt werden konnten. Darüber hinaus konnte Feedback den Generierungserfolg steigern, was dazu führte, dass neue Inhalte korrekt in das vorhandene Wissenskonstrukt der Lernenden integriert werden konnten. Doch erst wenn mindestens 50% der Inhalte korrekt generiert wurden, war ein langfristiger Vorteil dieses Enkodierungsformats beim Erwerb der Variablen-Kontroll-Strategie im Kontext des Forschenden Lernens erkennbar (Kaiser, Mayer & Malai, 2018). Der Generierungserfolg entscheidet letztendlich darüber, ob generiertes methodisches Wissen tatsächlich langfristig besser abgerufen werden kann als bloß gelesene (identische) Informationen. Nicht zuletzt ist die Nutzung eines Lösungsbeispiels zu Beginn der Lerneinheit äußerst lernförderlich, wenn es gilt, die Variablen-Kontroll-Strategie eigenständig auf ein neues Experiment anzuwenden. Wenn auch kurzfristig gesehen nicht profitabel, erhöht ein Lösungsbeispiel, das die Wissensbasis vermittelt, auf der neue Inhalte und Zusammenhänge generiert werden, die lernbezogene kognitive Bereitschaft der Lernenden, wodurch langfristig eine höhere Behaltens- und Transferleistung erzielt werden können (Kaiser & Mayer, 2019).

Der grundlegende Befund, dass die Integration von Übungsformaten sich positiv auf die langfristige Behaltensleistung in einer authentischen Lernumgebung mit validen curricularen Inhalten auswirkt, kann ebenfalls für den Testeffekt konstatiert werden. Allerdings lassen sich die klaren Befunde aus den

3 Details zur Methodik können den folgenden Quellen entnommen werden: Cohonner & Mayer (2018a), Kaiser & Mayer (2019) und Kaiser, Mayer & Malai (2018).

hoch kontrollierten Laborexperimenten nur unter Einschränkungen auf die pädagogische Praxis übertragen: So kann zwischen unterschiedlichen Konsolidierungsformaten im Kontext des Forschenden Lernens kein signifikanter Unterschied festgehalten werden (Cohonner & Mayer, 2018a). Erst bei höheren Retentionsintervallen sowie bei der Differenzierung nach Wissensdimensionen kann der Nutzen des Testeffekts nachgewiesen werden (Cohonner & Mayer, 2018b). Damit stehen die Ergebnisse im Einklang mit den Befunden, die eine Überlegenheit mit zunehmendem Retentionsintervall nachweisen (Rowland, 2014).

Gleichsam, wie bei der Studie zum Generieren, scheint Feedback neben der kognitiven Belastung eine entscheidende Komponente zu sein, die den Testeffekt moderiert. In Übereinstimmung mit der *Cognitive Load Theory* (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998) wirkt sich die empfundene Schwierigkeit des Übungsmaterials negativ auf die Lernleistung aus. Das gewählte Aufgabenformat stellt ggf. eine extrinsische Belastung dar, aus der kein Lerneffekt resultiert, da ein korrekter Abruf nicht mehr stattfinden kann (Cohonner & Mayer, 2018b). Dementsprechend scheint Feedback eine entscheidende Komponente zu sein, ohne die die Lerneffektivität deutlich geringer ausfallen würde (Roediger & Butler, 2011).

4 Ausblick und Einfluss auf weitere Forschung

Zukünftige Forschung sollte sich Faktoren widmen, die den Generierungserfolg beim Forschenden Lernen maximieren. Zwei regulierende Faktoren, die den Lernerfolg erhöhen und die kognitive Belastung gleichzeitig senken, sollten dabei eingehender beleuchtet werden:

1. die Vermittlung einer ausreichenden Wissensbasis (z. B. *worked examples*) vor der forschenden Lerneinheit sowie
2. die Nutzung ausreichender Unterstützungsmaßnahmen (z. B. *scaffolding*) während des Forschenden Lernens.

Des Weiteren sollten Maßnahmen erforscht werden, die die Konsolidierung deklarativer Inhalte beim Forschenden Lernen langfristig steigern. Die Einbindung des Konzepts der *Wünschenswerten Erschwernisse* in der biologiedidaktischen Forschung wird aktuell in weiteren durch Jürgen Mayer (mit-)betreuten Projekten fortgeführt, die sich (u. a.) der Lernstrategie des Verschachtelten Lernens widmen: Professioneller Konzeptwechsel zum Thema *Nachhaltiges Lernen* in der Lehrerbildung (ProKo, P42 in PRONET²) und Life-Science-Labore – Vernetztes Lehren und Lernen in der Biologie (P30 in PRONET²) so-

wie Kontrastieren und Vergleichen von Schülerfehlern beim Experimentieren (KonVEx) (s. dazu auch Beiträge in diesem Band).

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ..., Tuan, H. I. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36, 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Atkinson, R.K., Derry, S.J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Bangert-Drowns, R.L., Kulik, C.-L.C., Kulik, J.A. & Morgan, M. (1991). The Instructional Effect of Feedback in Test-Like Events. *Review of Educational Research*, 61(2), 213–238. <https://doi.org/10.3102/00346543061002213>
- Bertsch, S., Pesta, B.J., Wiscott, R. & McDaniel, M.A. (2007). The generation effect. A meta-analytic review. *Memory & Cognition*, 35, 201–210. <https://doi.org/10.3758/BF03193441>
- Bjork, R.A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A.P. Shimamura (Hrsg.), *Metacognition: Knowing About Knowing* (S. 185–205). Cambridge: The MIT Press.
- Carpenter, S.K., Pashler, H. & Vul, E. (2006). What types of learning are enhanced by a cued recall test? *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 826–830. <https://doi.org/10.3758/BF03194004>
- Cohonner, A. & Mayer, J. (2018a). Retrieval-based learning in the context of inquiry-based learning. In N. Gericke & M. Grace (Hrsg.), *Challenges in Biology Education Research* (S. 273–287). Karlstad, Sweden: University Printing Office.
- Cohonner, A. & Mayer, J. (2018b). Wirkung von Konsolidierungsmaßnahmen durch Üben beim Forschenden Lernen. In M. Hammann & M. Lindner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Band 8, S. 159–174). Innsbruck: Studienverlag.
- deWinstanley, P.A. (1995). A generation effect can be found during naturalistic learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 538–541.
- Dochy, F., Segers, M., van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Foos, P.W., Mora, J.J. & Tkacz, S. (1994). Student study techniques and the generation effect. *Journal of Educational Psychology*, 86, 567–576. <https://doi.org/10.1037//0022-0663.86.4.567>

- Frey, K., Frey-Eiling, A. & Landolt-Marazzi, E. (1989). *Allgemeine Didaktik*. Zürich: VDF.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning. A Response to Kirschner, Sweller und Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University press.
- Kaiser, I. & Mayer, J. (2019) The Long-Term Benefit of Video Modeling Examples for Guided Inquiry. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00104>
- Kaiser, I., Mayer, J. & Malai, D. (2018). Self-Generation in the Context of Inquiry-Based Learning. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02440>
- Kant, J.M., Scheiter, K. & Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 52, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Karpicke, J.D., Lehmann, M. & Aue, W.R. (2014). Retrieval-Based Learning: An Episodic Context Account. *Psychology of Learning and Motivation*, 61, 237–284. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800283-4.00007-1>
- Karpicke, J.D. & Zoromb, F.M. (2010). Retrieval mode distinguishes the testing effect from the generation effect. *Journal of Memory and Language*, 62(3), 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.11.010>
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1
- Lazonder, A.W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, 86, 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biogiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Heidelberg: Springer.
- Mayer, J. & Ziemek, H.P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- McDaniel, M.A., Waddill, P.J. & Einstein, G.O. (1988). A contextual account of the generation effect: A three-factor theory. *Journal of Memory and Language*, 27, 521–536. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90023-X)
- Metcalf, J. & Kornell, N. (2007). Principles of cognitive science in education: The effects of generation, errors, and feedback. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 225–229. <https://doi.org/10.3758/BF03194056>
- Pyc, M.A. & Rawson, K.A. (2009). Testing the retrieval effort hypothesis: Does greater difficulty correctly recalling information lead to higher levels of mem-

- ory? *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.01.004>
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive science*, 21(1), 1–29. https://doi.org/10.1207/s15516709cog2101_1
- Richland, L.E., Bjork, R.A., Finley, J.R. & Linn, M.C. (2005). Linking Cognitive Science to Education: Generation and Interleaving Effects. In B.G. Bara, L.W. Barsalou & M. Bucciarelli (Hrsg.), *Proceedings of the twenty-seventh annual conference of the Cognitive Science Society* (S. 1850–1855). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Richland, L.E., Linn, M.C. & Bjork, R.A. (2007). Cognition and instruction: Bridging laboratory and classroom settings. In F. Durso, R. Nickerson, S. Dumais, S. Lewandowsky & T. Perfect (Hrsg.), *Handbook of applied cognition* (2nd ed., S. 555–583). West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Roediger, H.L. & Butler, A.C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Science*, 15(1), 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.003>
- Roediger, H.L. & Karpicke, J.D. (2006). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1(3), 181–210. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00012.x>
- Roelle, J. & Berthold, K. (2017). Effects of incorporating retrieval into learning tasks: The complexity of the tasks matters. *Learning and Instruction*, 49, 142–156. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.01.008>
- Rowland, C.A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: a meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 149(6), 1432–1463. <https://doi.org/10.1037/a0037559>
- Slamecka, N.J. & Graf, P. (1978). The generation effect. Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 4, 592–604. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.592>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Heidelberg: Springer.
- 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>

Lars Meyer-Odewald, Daniel Horn, Monique Meier, Rita Wodzinski & Kathrin Ziepprecht

Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode zur Förderung der Diagnosekompetenz in der Lehramtsausbildung

*Der vorliegende Beitrag liefert einen Überblick über zwei der letzten Teilprojekte im Kontext der Lehrer*innen-Professionalisierung, an deren Einwerbung und Betreuung Jürgen Mayer beteiligt war. Mit großem Engagement und kompetenter Unterstützung hat er die Entstehung und Entwicklung der Projekte vorangetrieben und ihnen einen Feinschliff gegeben. Mit offenem Ohr stand er jederzeit für Fragen zur Verfügung und war gerne bereit, seine Erfahrungen zu teilen. Seine stets konstruktiven Anmerkungen und innovativen Ideen waren dabei eine große Hilfe. Durch seine freundliche und wertschätzende Art hat er zudem eine angenehme und produktive Arbeitsatmosphäre für alle Mitarbeitenden geschaffen. Wir sind für die gemeinsame Zeit außerordentlich dankbar.*

Im Beitrag werden zwei hochschuldidaktische Lehrvorhaben vorgestellt, die in das übergreifende Projekt „KoVeLa – Kontrastieren und Vergleichen im Lehramtsstudium“ an der Universität Kassel eingebunden sind. Beiden Teilprojekten ist gemeinsam, dass sie sich der Lehr-Lernmethode des Kontrastierens und Vergleichens bedienen, um die Diagnosekompetenz bei (angehenden) Lehrkräften im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu fördern. Im Teilprojekt „KonVEx – Kontrastieren und Vergleichen von Schülerfehlern beim Experimentieren“ steht der Vergleich von Schülerprotokollen in der Ausbildung von Studierenden im Studiengang Sachunterricht für das Lehramt an Grundschulen im Mittelpunkt. Die Zielgruppe des zweiten Teilprojektes „Förderung von Diagnosekompetenz mittels Kontrastierens und Vergleichens von Videovignetten zum Experimentieren“ sind Studierende des Lehramtes an Haupt- und Realschulen sowie des Gymnasiums für das Unterrichtsfach Biologie. In diesem Teilprojekt steht das Medium Video als Objekt des Kontrastierens und Vergleichens im Fokus.

1 Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode – Formen und empirische Befunde

„Die sind wie Feuer und Wasser“ und „Das ist so, als würdest du Äpfel und Birnen vergleichen“ sind allgemein gängige Redewendungen, die Kontraste und Vergleiche einschließen. Das zweitgenannte Beispiel wird im allgemeinen Sprachgebrauch verwendet, um die ‚Unvergleichbarkeit‘ zweier Sachverhalte, Personen oder Begebenheiten hervorzuheben. Nimmt man die Phrase wörtlich, so lassen sich Äpfel und Birnen aber sehr wohl vergleichen. Auch wenn sie sich in mehreren Eigenschaften wie Form oder Geschmack unterscheiden, können bei genauer Betrachtung auch Gemeinsamkeiten identifiziert werden, wie die charakteristischen Kennzeichen, die ihre gemeinsame Zuordnung zu den Kernobstfrüchten begründen. Die Lehr-Lernmethode des Kontrastierens und Vergleichens nutzt eben diese Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden mehrerer – gegebenenfalls auch schwer vergleichbarer – Objekte, um Lernprozesse anzuregen.

Das Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen zwei Beispielen ist ein elementarer Bestandteil des menschlichen Lernens und hilft, vorhandenes Wissen mit neuem Wissen in Verbindung zu bringen (Gentner, Loewenstein & Thompson, 2003; Leuchter, Saalbach & Hardy, 2011). Das Kontrastieren beschäftigt sich mit der Identifikation von Unterschieden zwischen zwei Objekten, während das Vergleichen die Suche nach Gemeinsamkeiten zwischen diesen beschreibt (Marzano, Pickering & Pollock, 2001). In diesem Zusammenhang wird der Terminus *Objekt* als Begriff für verschiedene Sachverhalte verwendet, die miteinander verglichen werden können, z. B. Abbildungen, Schülerprotokolle, Videovignetten, aber auch Konzepte und Lösungswege. Damit ein Vergleich möglich ist, müssen genügend Ähnlichkeiten zwischen den zu vergleichenden Objekten vorliegen. Diese werden durch die Konstanthaltung von Eigenschaften des Objektes geschaffen, auf die sich bei Anwendung der Methode nicht konzentriert werden soll (irrelevante Eigenschaften). Erst durch diese Gegebenheit können Unterschiede hervortreten und relevante Eigenschaften fokussiert werden (Gentner & Markman, 1994; Kurtz & Gentner, 2013). Dabei können die gemeinsamen Merkmale der Objekte oberflächlich oder auf die Tiefenstruktur bezogen sein (Gentner, 1983).

Die Umsetzung des Kontrastierens und Vergleichens kann in der Praxis und der Forschung unterschiedlich ausfallen. Exemplarisch werden drei Formen nach Rittle-Johnson und Star (2011) vorgestellt, die für den Beitrag essentiell sind (für weitere Informationen s. Originalartikel von Rittle-Johnson und Star (2011) oder Horn und Meier (2020a) mit Praxisbeispielen für den Biologieunterricht).

(I) Der Vergleich eines korrekten Objekts mit einem, das fehlerhafte Elemente enthält, entspricht dem so genannten *Incorrect Method Comparison* (Rittle-Johnson & Star, 2011). Auch der Fall eines gänzlich fehlenden Elements beim Vergleichsobjekt kann dieser Form des Kontrastierens und Vergleichens zugeordnet werden (Beesley & Aphthorp, 2010; Lipowsky et al., 2019). Beim *Incorrect Method Comparison* liegt der Fokus auf dem Herausarbeiten von Unterschieden zwischen den Beispielen. Dabei können auch fachlich adäquate Vorstellungen und Fehlvorstellungen gegenübergestellt werden (Rittle-Johnson & Star, 2011).

(II) Beim *Correct Method Comparison* werden zwei richtige Objekte, z. B. Lösungsstrategien, gegenübergestellt, wodurch die Flexibilität der Wissensanwendung erhöht werden kann (u. a. Rittle-Johnson, Star & Durkin, 2009). Darüber hinaus kann durch die Suche nach Gemeinsamkeiten ein allgemeines Schema für die Lösung eines Problems entwickelt werden (Reed & Bolstad, 1991). Die Auseinandersetzung mit Beispielaufgaben oder korrekten Lösungswegen spielt ebenfalls in der Forschung zu *Worked Examples* eine Rolle (Ward & Sweller, 1990).

(III) Beim *Concept Comparison* werden verschiedene Objekte gegenübergestellt, die sich derselben begrifflichen Kategorie zuordnen lassen (Rittle-Johnson & Star, 2011). Auf diese Weise können die besonderen Merkmale deutlich herausgestellt werden, durch die jene Kategorie gekennzeichnet ist.

1.1 Empirische Befunde zum Kontrastieren und Vergleichen

Mehrere Metaanalysen (u. a. Beesley & Aphthorp, 2010; Marzano, Pickering & Pollock, 2001) haben die Wirksamkeit des Kontrastierens und Vergleichens untersucht und kamen zu dem Ergebnis, dass die gleichzeitige, vergleichende Auseinandersetzung mit zwei Objekten lernwirksamer ist als die sequentielle Bearbeitung von Einzelfällen, was eher dem traditionellen Bild von Unterricht entspricht. So konnte beispielsweise die Metaanalyse von Alfieri, Nokes-Malach und Schunn (2013) durch die Auswertung von 57 Einzelexperimenten aus mehr als 30 Studien eine mittlere Effektstärke von $d = .50$ für das Kontrastieren und Vergleichen nachweisen. Im Bereich der Einzelstudien konnten Jee et al. (2013) zeigen, dass z. B. beim Erlernen des Konzeptes einer geologischen Verwerfung ein größerer Lernerfolg zu verzeichnen ist, wenn eine Abbildung einer Landschaft mit Verwerfung zusammen mit der Abbildung einer Landschaft ohne Verwerfung präsentiert wird. Als weiteres Ergebnis der Studie wurde herausgestellt, dass bei Novizinnen und Novizen im Umgang mit der Methode des Kontrastierens und Vergleichens eingangs mit ähnlichen Bildpaar-

ren begonnen werden sollte, die noch wenige Unterschiede enthalten. Dadurch wird die Aufmerksamkeit der Betrachterinnen und Betrachter auf die relevanten bzw. gewünschten Eigenschaften gerichtet. Die Studie von Jee et al. (2013) fußt auf den kognitionspsychologischen Grundlagen, die erstmals u.a. von den Arbeitsgruppen um Gentner und Schwartz publiziert wurden. Eine Anwendung dieser Grundlagen auf einen konkreten fachlichen Kontext erfolgte durch die Arbeit von Rittle-Johnson et al. (2007, 2009) im Bereich der Mathematik. Seitdem wird das Kontrastieren und Vergleichen in immer mehr Domänen auf seine Effektivität hin überprüft (u.a. Graulich & Schween, 2018; Hirstein, Denn, Jurkowski & Lipowsky, 2017).

1.2 Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode in der Hochschullehre – Status quo & Potenziale

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen nur wenige Studien vor, die den Einsatz der Lehr-Lernmethode in der universitären Ausbildung als solche erforscht haben (u.a. Gentner et al., 2003; Schwartz & Bransford, 1998). Vielmehr wurden Studierende als Probandinnen und Probanden für Studien außerhalb von Lehrveranstaltungen ausgewählt, wobei die inhaltlichen Schwerpunkte nicht zwangsläufig mit dem Studienfach der Teilnehmenden übereinstimmten (Geologie – Psychologie, Jee et al., 2013; Anatomie – Psychologie, Kurtz & Gentner, 2013). Im Kontext der Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften können aktuell zwei Studien identifiziert werden. Diese konnten zeigen, dass sich die Suche nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in zwei Videos positiv auf den Erwerb von konzeptionellem Wissen zu pädagogischen Themen auswirkt (Nagarajan & Hmelo-Silver, 2006) und dass sie die Beurteilungsfähigkeit anhand von kooperativen Lernsettings, im Vergleich zu einer wiederholenden Betrachtung eines einzelnen Videos, fördert (Hirstein et al., 2017). Die Studie von Hirstein et al. (2017) liefert erste Indizien, dass sich durch Anwendung der Methode die diagnostischen Fähigkeiten von (angehenden) Lehrkräften fördern lassen. Ein Grund dafür könnte sein, dass beim Kontrastieren und Vergleichen zwei Objekte unmittelbar miteinander verglichen werden, während bei nur einem betrachteten Objekt eigene Praxiserfahrung der Lehramtsstudierenden vorhanden sein müsste, um damit einen Vergleich anstellen zu können. Jedoch sind die genannten Studien in den Erziehungswissenschaften angesiedelt und es bleibt die Frage offen, ob mithilfe des Kontrastierens und Vergleichens auch die Diagnosekompetenz von (angehenden) Lehrkräften in Bezug auf fachdidaktische Themen, wie z. B. die Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern, gefördert werden kann.

2 Fachbezogene Diagnosekompetenz zur Analyse und Beurteilung von Experimentierprozessen

Die diagnostischen Fähigkeiten von Lehrpersonen haben nachweislich einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungen der Lernenden und sind für die Gestaltung eines adressatenorientierten Unterrichts bedeutsam (Brunner, Anders, Hachfeld & Kraus, 2011; Praetorius, Lipowsky & Karst, 2012). In Anlehnung an das Modell von Baumert und Kunter (2006) zum Professionswissen einer Lehrkraft setzt sich die fachbezogene Diagnosekompetenz aus verschiedenen Facetten des pädagogisch-psychologischen und des fachdidaktischen Wissens zusammen (Brunner et al., 2011). Zum pädagogisch-psychologischen Wissen wird u. a. die Facette der Leistungsbeurteilung gezählt, die sich nicht nur auf die Überprüfung der Unterrichtsziele, sondern auch auf die Erfassung des Vorwissens der Lernenden bezieht. Zudem ist sie zur Erteilung eines konstruktiven Feedbacks an die Schülerinnen und Schüler von Bedeutung, wobei dies wiederum mit einer Ermittlung der Stärken und Schwächen der Lernenden im Vorfeld einhergeht (Schrader, 2013). Das fachdidaktische Wissen beinhaltet ferner u. a. die Kenntnis über mögliche Schwierigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern, die in bestimmten Unterrichtszusammenhängen auftreten, und das Wissen darüber, wie diese durch angemessene Aufgabenstellungen bei den Lernenden diagnostiziert werden können (Brunner et al., 2011). Damit eine solche Diagnose gelingen kann, müssen die Lehrkräfte zudem über das nötige fachliche Wissen zu dem zu diagnostizierenden Gegenstand verfügen (Beretz, Lengnink & Aufschnaiter, 2017).

Ein Gebiet, auf dem ausgeprägte Schwierigkeiten bei Lernenden aller Schulstufen konstatiert werden können, ist das der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und dort insbesondere das Experimentieren (u. a. Valanides, Papageorgiou & Angeli, 2014; Hamman, Thi, Ehmer & Bayrhuber, 2006). Da das Wissen und die Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung als wichtige Elemente einer naturwissenschaftlichen Grundbildung angesehen werden (Bybee 1997, 2002; Shamos, 2002; Mayer, 2007), steht u. a. die Kompetenzförderung in diesem Bereich im Zentrum der Bemühungen von naturwissenschaftlichem Unterricht. Im Rahmenmodell der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nach Mayer (2007) werden drei zentrale Dimensionen unterschieden: das Wissenschaftsverständnis, das wissenschaftliche Denken und die manuellen Fertigkeiten. Alle Dimensionen kommen beim Experimentieren zum Tragen. Folglich bedeuten Experimente für viele Schülerinnen und Schüler eine hohe Anforderung auf verschiedenen Ebenen (Akerson, 2008), die sich als erkennbare Probleme beim Durchlaufen des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs zeigen. Derartige Schwierigkeiten werden seit Jahrzeh-

ten intensiv beforcht (u. a. Grube, 2010) und lassen sich in allen Phasen des Experimentierens wiederfinden (u. a. Jong & van Joolingen, 1998; Hammann et al., 2006). In folgender tabellarischer Übersicht sollen einige aus der Literatur bekannte Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren exemplarisch herausgestellt werden.

Tabelle 1: Zusammenstellung bekannter (exemplarischer) Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren, sortiert nach Problembereichen

Problembereich	Schülerschwierigkeit	(ausgewählte) weiterführende Literatur
Fragestellung	Formulierung unspezifischer oder schwer quantifizierbarer Forschungsfragen	Grube, 2010 Hofstein et al., 2005
Hypothesen	Verzicht auf die Aufstellung von Hypothesen	Meier, 2016 Millar & Lubben, 1996
	Ausschließlich Aufstellung von Hypothesen, die plausibel erscheinen	Klahr, Fay & Dunbar, 1993
	Verzicht auf Alternativhypothesen	Meier, 2016 Klahr, Fay & Dunbar, 1993
Umgang mit Variablen	Fehlerhafte Identifikation der abhängigen und der unabhängigen Variablen	Kuhn & Brannock, 1977 Mayer, Keiner & Ziemek, 2003
	Verzicht auf einen Kontrollansatz	Chen & Klahr, 1999 Hammann et al., 2006
	Verzicht auf Messwiederholungen	Meier, 2016 Lubben & Millar, 1996
	Gleichzeitige Variation mehrerer Variablen	Hammann et al., 2006 Chen & Klahr, 1999 Kuhn & Dean, 2005
Datenaufbereitung und -interpretation	Unlogische Schlussfolgerungen trotz eines korrekt durchgeführten Experiments	Hammann et al., 2006
	Stärkere Gewichtung von Daten, die die Hypothese bestätigen	Slowiaczek et al., 1992, Meier, 2016 Wellnitz & Mayer, 2013
	Ignorieren unerwarteter Daten	Schauble, Klopfer & Raghavan, 1991 Chinn & Brewer, 1993
	Interpretation unerwarteter Daten als Fehler in der Durchführung	Ludwig & Priemer, 2012 Wahser & Sumfleth, 2008

Um mit den genannten Schwierigkeiten angemessen umgehen zu können, ist ein zielgerichteter und kompetenzorientierter Experimentalunterricht durch die Lehrkräfte zu gestalten (Baur, 2018). Die beobachteten spezifischen Vorgehensweisen und Problempunkte der Lernenden eignen sich dabei besonders gut, um die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu diagnostizieren (Baur, 2015, 2018). Um Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren sicher erkennen, korrigieren und nutzen zu können, müssen die Lehrenden jedoch auch selbst über ein ausgeprägtes Wissen und Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung verfügen. Diese Kompetenzen gilt es im Rahmen der Lehrkräfteausbildung zu erwerben (KMK, 2008).

3 Zielsetzung

Obgleich Hochschulabsolventinnen und -absolventen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer nach ihrem Studium über das dargestellte Wissen und Können zur (fachbezogenen) Diagnosekompetenz verfügen sollten (KMK, 2008), sieht die Realität anders aus. Studierende des Sekundarstufenlehramts geben am Ende ihres Studiums in einer Selbsteinschätzung an, dass ihre diagnostischen Fähigkeiten im Verlauf des Studiums nicht ausreichend gefördert wurden (Dübbelde, 2013). Zudem fühlen sie sich nicht in der Lage, die erbrachten Leistungen der Lernenden in ausreichendem Maße zu beurteilen. Diese Selbsteinschätzung der Studierenden wird von Fachseminarleiterinnen und Fachseminarleitern zu Beginn des Vorbereitungsdienstes bestätigt (Hilfert-Rüppell, Eghtessad, Looß & Höner, 2012; Hilfert-Rüppell & Looß, 2015). Für die Grundschule liegen im deutschen Bildungskontext noch keinerlei Forschungsbefunde hinsichtlich der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung vor. Internationale Studien lassen jedoch auch hier ausgeprägte Defizite vermuten (u. a. Ding, Wei & Liu, 2016; Nichols, Burgh & Kennedy, 2017). Auf der Basis dieser Erkenntnisse erscheint es sinnvoll, die Möglichkeiten auszuloten, die genannten Kompetenzen angehender Lehrkräfte während ihrer Hochschulausbildung gezielt zu fördern. Das Kontrastieren und Vergleichen erscheint dazu aufgrund seiner mehrfach bestätigten Wirksamkeit als vielversprechende Lern-Lehrmethode, um die Diagnosekompetenz von Studierenden weiterzuentwickeln. Lipowsky et al. (2019) stellen in diesem Zusammenhang heraus, dass die Methode trotz ihres unverkennbaren Potentials bisher im Rahmen der Lehrerbildung wenig Beachtung gefunden hat.

Der vorliegende Beitrag beschreibt die konzeptionelle Ausgestaltung zweier hochschuldidaktischer Lernumgebungen, die das Kontrastieren und Verglei-

chen als Mittel zur Förderung der Diagnosekompetenz in den Fokus rücken. Schwerpunktmäßig sollen dazu im weiteren Verlauf eine mögliche Organisationsstruktur und der sinnvolle Materialeinsatz in der Lehre betrachtet werden, um eine bestmögliche Einbindung der Methode zu erreichen. Als denkbare Objekte des Kontrastierens und Vergleichens werden durch Lipowsky et al. (2019) beispielsweise Unterrichtssituationen oder Schülerlösungen vorgeschlagen. Für die vorliegenden KoVeLa-Teilprojekte wurden konkret Schülerprotokolle für die Grundschule sowie Videovignetten aus dem Bereich der Sekundarstufe ausgewählt, um diese als Basis für die Lernumgebungen zu nutzen.

4 Lernen mit Kontrasten in hochschuldidaktischen Lernumgebungen

4.1 Konzeption einer Lernumgebung mit Einbindung des Kontrastierens und Vergleichens von Schülerprotokollen

Um die angehenden Lehrkräfte bei der Anbahnung einer korrekten Vorstellung vom naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu unterstützen, soll ihnen im Rahmen der Lernumgebung eine strukturierte und gezielte Auseinandersetzung mit den bekannten Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren ermöglicht werden. Die Umsetzung erfolgt mithilfe von Versuchsprotokollen als Materialgrundlage. Derartige Protokolle besitzen sowohl in der Schule als auch in der Forschung eine herausragende Bedeutung, da sie zu einem durchgeführten Experiment die einzelnen Schritte des Erkenntniswegs in detaillierter, aber dennoch übersichtlicher Form wiedergeben und die Dokumentation erhobener Daten ermöglichen. Brüning (1990) klassifiziert das Versuchsprotokoll daher als eine Mischform aus Verlaufs- und Ereignisprotokoll und Krämer (2011, S. 23) hebt es als „ein typisches Element des wissenschaftlichen Arbeitens“ hervor.

Als Basis für das Kontrastieren und Vergleichen von Schülerfehlern scheinen Versuchsprotokolle hervorragend geeignet, da sie durch ihre Struktur die einzelnen Schritte des Erkenntniswegs übersichtlich abbilden und durch ihre klare und grundlegend immer gleiche Untergliederung die bei Vergleichsobjekten benötigte Ähnlichkeit (Gentner & Markman, 1994) mitbringen. Zugleich besitzen Versuchsprotokolle jedoch durch die enthaltenen Text- und ggf. Bildelemente auch zahlreiche Variationsmöglichkeiten, um unterschiedliche Formen des Kontrastierens und Vergleichens entsprechend der Differenzierung nach Rittle-Johnson und Star (2011) zu initiieren. So können gleichermaßen

ßen Protokolle gegenübergestellt werden, die deutlich sichtbare Gemeinsamkeiten und wenig auffällige Unterschiede besitzen, wie auch solche, bei denen kaum Parallelen erkennbar sind, wodurch die Kontraste stark hervortreten. Folglich kann beispielsweise, parallel zur Studie von Jee et al. (2013), ein nicht korrektes Protokoll mit einer richtigen Version (einer Musterlösung) verglichen werden, was einem *Incorrect Method Comparison* entspräche. Auch die Gegenüberstellung zweier korrekter oder fehlerbehafteter Protokolle mit ähnlicher Struktur erscheint möglich, um die charakteristischen Merkmale der beschriebenen Vorgehensweisen zu verdeutlichen. Hierbei würde es sich somit um eine Form des *Concept Comparison* handeln.

Für Lehramtsstudierende stellen die Protokolle ein authentisches Arbeitsmaterial dar, das ihnen auch im Unterricht in der Primarstufe regelmäßig begegnen dürfte. So hebt das hessische Kultusministerium (2011) in seinem Leitfaden zum Kerncurriculum des Sachunterrichts hervor, dass der Einsatz von Forscher- und Protokollbögen das gezielte Beobachten und Dokumentieren von Versuchsergebnissen unterstützen kann. Des Weiteren wird ihre Bedeutung als Strukturierungshilfe beim naturwissenschaftlichen Arbeiten herausgestellt.

Gestaltung von Schülerprotokollen in der Primarstufe

Natürlich ist das Experimentieren im Sachunterricht der Primarstufe hinsichtlich der Komplexität und Abfolge der Schritte des Erkenntniswegs nicht mit der weiterführenden Schule vergleichbar. In erster Linie werden übliche Grundschulmaterialien eingesetzt und der Forschungsprozess der Kinder wird der klassischen Definition eines wissenschaftlichen Experiments nicht immer gerecht (Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006; Wodzinski, 2009). Oftmals steht nicht die Überprüfung einer selbst formulierten Hypothese im Mittelpunkt, sondern die Lerneraktivität ist stärker durch die Lehrkraft oder Anleitungen gelenkt, sodass Hartinger (2003) für diese Fälle die alternative Bezeichnung „Versuch“ anstatt des Experiments vorschlägt. Nichtsdestotrotz konnten Studien belegen, dass auch Grundschul Kinder bereits in der Lage sind, in den Naturwissenschaften ein anspruchsvolles Verständnis weit über das Faktenwissen hinaus zu entwickeln (u. a. Köster, 2003; Möller et al., 2006). Die Kompetenzen müssen jedoch über den gesamten Zeitraum der Schullaufbahn langsam und kontinuierlich angebahnt werden. Folglich sind die von Grundschülerinnen und Grundschulern verfassten Protokolle meist noch kurz, oberflächlich und nicht immer nachvollziehbar formuliert und dadurch gegebenenfalls schlecht vergleichbar. Es ist somit fraglich, ob derartige Originalprotokolle inhaltlich und gestalterisch geeignet sind, um sie im Rahmen der Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften einzusetzen, oder

sich bevorzugt an sprachlich anspruchsvolleren Vorlagen bedient werden sollte. Letztere könnten möglicherweise den Nachteil haben, weniger Authentizität zu besitzen, da ihr Ursprung offensichtlich nicht die Grundschule ist.

Hinsichtlich der grundsätzlichen Strukturierung existieren zwischen fortgeschrittenen Versuchsprotokollen und denen der Primarstufe keine wesentlichen Unterschiede. So halten Nawrath, Maiseyenko und Schecker (2011) fest, dass ein jedes Versuchsprotokoll eine Fragestellung, Materialienauflistung, Durchführung, Beobachtung sowie Auswertung umfasst. Eine nahezu parallele Struktur wird auch für die Grundschule vorgeschlagen, wenn auch mit vereinfachten Bezeichnungen der Gliederungsschritte (Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz, 2018, S. 66).

Für den Einsatz in der Lernumgebung wird daher eine kombinierte Form des Versuchsprotokolls mit eben dieser Strukturierung präferiert, das einerseits typische Experimente aus dem naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Thema hat, andererseits jedoch eine sprachlich anspruchsvollere Ausgestaltung besitzt als von Kindern der Grundschule erwartet werden kann. Dazu kann auf Protokolle zurückgegriffen werden, die zwar die exakte Vorgehensweise der Schülerinnen und Schüler beschreiben, jedoch aus Sicht der unterrichtenden Lehrkraft im Sinne eines Unterrichtsprotokolls verfasst wurden. Diese Vorgehensweise erscheint angemessen, da Lehrkräfte auch im Unterricht Schülerschwierigkeiten meist nicht auf der Basis von Versuchsprotokollen, sondern als Beobachter während des eigentlichen Experimentierprozesses diagnostizieren. Ein aus Sicht der Lehrkraft formuliertes Protokoll bietet somit die Möglichkeit, anhand typischer Grundschul-Experimente klar abgegrenzte Fehler nachzuvollziehen, die auch im Unterrichtsalltag beobachtbar wären.

Beschreibung der Lernumgebung

Als grundsätzliche Herangehensweise kann zusammengefasst werden, dass die auszubildenden Lehrkräfte mit Kombinationen verschiedener Schülerprotokolle konfrontiert werden, die sich hinsichtlich ihrer inhaltlichen Ausrichtung und der enthaltenen Schülerfehler unterscheiden. Der Einsatz der Protokolle erfolgt in verschiedenen Praxiskursen aus dem Grundschulbereich, die sowohl biologische als auch physikalische Fachinhalte thematisieren. Der Schwerpunkt dieser Veranstaltungen liegt seit jeher auf der Einbindung des Experimentierens in den naturwissenschaftlichen Sachunterricht, sodass Versuchsprotokolle als Lehrmaterial sehr gut in das bestehende Konzept eingebunden werden können. Die angehenden Lehrkräfte erhalten in den Kursen zu Semesterbeginn eine Einführung zu Schülerfehlern beim naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg, um eine fachliche Grundlage für die Weiterarbeit zu schaffen. Die Bearbeitung der Protokolle bildet nachfolgend den Übungsteil, um sich

vertieft mit den erlernten Inhalten auseinanderzusetzen. Die Studierenden werden in diesem Zusammenhang aufgefordert, eine Korrektur vorzunehmen und dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Protokollen herauszuarbeiten. Dabei wird darauf geachtet, dass das gezielte Gegenüberstellen der Protokolle als zentrales Element des Arbeitsauftrags aus der Aufgabenstellung deutlich wird. Zudem wird den Teilnehmenden ergänzend eine Auflistung möglicher Vergleichskriterien bereitgestellt, um die Tiefe der Auseinandersetzung mit den Protokollen zu verbessern.

Um eine korrekte Umsetzung des Arbeitsauftrags zu erreichen, verfügt das Protokollmaterial überdies über eine klare Kennzeichnung und weist einen ähnlichen inhaltlichen sowie strukturellen Aufbau auf, der die Gegenüberstellung erleichtert. Durch die Ausgabe von jeweils nur einem Protokollpaar pro Durchgang soll eine Fokussierung auf die zentralen Elemente ohne Ablenkung durch weiteres Material ermöglicht werden. Zudem bedürfen die Protokolle einer klaren und detaillierten Formulierung der Abläufe, um diese gut nachvollziehen und demzufolge vergleichen zu können.

Durch den hier gewählten Einsatz der Lehr-Lernmethode soll den Studierenden zu einem differenzierteren Verständnis von möglichen Fehlern beim Experimentierprozess verholfen werden. Die Identifikation der enthaltenen Fehler beim experimentellen Vorgehen soll sie zudem neben der Verbesserung ihrer Diagnosekompetenz zu einer gedanklichen Auseinandersetzung animieren, wie mit derartigen Schülerschwierigkeiten in der Praxis umgegangen werden kann. Eine Thematisierung dieser Problematik erfolgt im weiteren Verlauf der Lehrveranstaltung.

4.2 Konzeption einer Lernumgebung mit Einbindung kontrastierender Videovignetten

Eine weitere Möglichkeit, die Diagnosekompetenz von (angehenden) Lehrkräfte zu fördern, ist der Einsatz von Videovignetten. Santagata und Guarino (2011) konnten in ihrer Studie zeigen, dass durch den Einsatz von Videovignetten die Wahrnehmungsfähigkeiten von relevanten Situationen, die inhaltliche Beschreibung der gezeigten Szenen und wiederum deren Beurteilung bei angehenden Lehrkräften verbessert werden können. Weshalb das Medium *Video* dies bewirken kann, ergibt sich aus seinen Eigenschaften. Zum einen kann ein Video mehrmals angeschaut werden (Spiro, Collins & Ramch, 2007), wodurch die Betrachterinnen und Betrachter nicht gezwungen sind, aus der Situation heraus auf das gesehene Ereignis reagieren zu müssen (Blomberg, Renkl,

Sherin, Broko & Seidel, 2013). Sie haben Zeit, die Situation zu analysieren und sich eine adäquate Reaktion zu überlegen (Sherin, 2004). Sie erhalten dadurch ein Übungsfeld, in dem sie die Gelegenheit haben, erste Erfahrung zu sammeln, auf die sie im späteren Berufsleben zurückgreifen können (Aufschnaiter, Selter & Michaelis, 2017). Zum anderen werden meist nur Ausschnitte einer Unterrichtsstunde gezeigt, wodurch ein Video komplexitätsreduzierend auf die Betrachterinnen und Betrachter wirkt. Zudem wirkt ein Video, auch wenn es sich nur um eine kurze Sequenz handelt, authentischer als vergleichsweise die Darbietung einer entsprechenden Unterrichtssituation als Text oder Cartoon (Dannemann et al., 2018).

Gestaltungsmerkmale von kontrastierenden Videovignetten

Im Vergleich zu anderen Vignettenformaten ist das Medium Video als Objekt des Kontrastierens und Vergleichens noch wenig beforscht (Hirstein et al., 2017; Nagarajan & Hmelo-Silver, 2006). Deshalb orientiert sich die Konstruktion der Videos in der im Folgenden beschriebenen Lernumgebung an den allgemeinen Gestaltungsmerkmalen für Materialien zum Kontrastieren und Vergleichen. Für die Identifikation von Gemeinsamkeiten müssen die relevanten Merkmale zwischen den Videos konstant gehalten und die irrelevanten Faktoren variiert werden (Guo, Pang, Yang & Ding, 2012). Wie viele der irrelevanten Faktoren tatsächlich variiert werden können und sollten, richtet sich nach den Erfahrungen mit der Lehr-Lernmethode (Gentner & Markman, 1994; Jee et al., 2013). Im Umkehrschluss müssen für die Suche nach Unterschieden die relevanten Faktoren, die wahrgenommen werden sollen, variiert werden. Demzufolge findet hier keine Variation der irrelevanten Faktoren statt.

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen wird der inhaltliche Fokus der kontrastierenden Videovignetten auf die Schülerhürden in der Planungsphase in ergebnisoffenen biologischen Experimenten gelegt. Dabei wird das Ziel verfolgt, die diagnostischen Fähigkeiten von angehenden Biologielehrkräften in Bezug auf das fachmethodische Wissen und Können von Schülerinnen und Schülern indirekt über die Analyse der Videos zu fördern (Horn & Meier, 2019, 2020b). Der Gegenstand des Kontrastierens und Vergleichens in den Videos sind die Interaktionen zwischen den Betreuerinnen und Betreuern mit den Schülerinnen und Schülern einer Kleingruppe, die in der Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX (*Forschendes Lernen durch offenes Experimentieren*) (Meier & Wulff, 2013), einem Lehr-Lern-Labor der Universität Kassel, ein Experiment absolvieren. In der Experimentier-Werkstatt erhalten Lernende der Mittel- und Oberstufe im Klassenverband die Gelegenheit, eigenständig und kreativ an ihren eignen Ideen zu einem vorgegebenen Phänomen zu forschen und dabei ihre experimentellen Kompetenzen zu erweitern. Zur Unterstützung

der Lernenden bei der Umsetzung ihres Vorhabens stehen ihnen die FLOX-Betreuerinnen und -Betreuer zur Seite. Ihre Aufgabe ist es, die Lernenden so zu beraten, dass das angedachte Experiment den fachmethodischen Qualitätskriterien eines Experimentes entspricht, z. B. die richtige Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Planung eines Experiments. Die Gespräche mit den Schülerinnen und Schülern in der Gruppe können sich in der fachmethodischen Vorgehensweise und in der Qualität unterscheiden, wie z. B. hinsichtlich der Verwendung von Fragen oder Impulsen. Diese Unterschiede werden für den benötigten Kontrast in den Videos genutzt (Horn & Meier, eingereicht). Hierbei wird darauf geachtet, dass der Kontrast zwischen den Videos stark ist, da deutliche Unterschiede die Beurteilungsfähigkeit der Betrachterinnen und Betrachter verbessern (Hirstein et al., 2017).

Unabhängig davon, ob die Studierenden die Gemeinsamkeiten oder die Unterschiede zwischen den Videos identifizieren sollen, müssen genügend Ähnlichkeiten zwischen diesen vorliegen (Gentner, 1983, 2010), damit Vergleichsprozesse ablaufen können. Zur Schaffung der Ähnlichkeiten beziehen sich die drei konstruierten Videovignetten auf das FLOX-Modul „Sinne der Ostafrikanischen Riesenschnecke“ und auf die Planungsphase im naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg, wodurch die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die Gesprächsführung der Betreuerinnen und Betreuer gelenkt werden soll (Kurtz & Gentner, 2013). Ebenso zu diesem Zweck werden solche Videos gegenübergestellt, in denen dieselbe Betreuungsperson in unterschiedlicher Weise mit den Schülerinnen und Schülern in der Gesprächsführung agiert. Je nach Kombination der drei Videos entspricht das Vorgehen beim Kontrastieren und Vergleichen entweder dem *Incorrect Method Comparison* oder dem *Correct Method Comparison*.

Beschreibung der Lernumgebung

Eingebettet werden die zu kontrastierenden Videovignetten in das Seminar „Erkenntnismethoden und Arbeitstechniken im Biologieunterricht“, welches ein Teil der biologiedidaktischen Fachausbildung an der Universität Kassel ist. Es ist eine Pflichtveranstaltung für die Studierenden der Lehramtsstudiengänge Biologie an Haupt- und Realschulen und Gymnasien. Nach einer theoretischen Einführung in den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung schließt sich die Auseinandersetzung mit den Erkenntnismethoden der Biologie und insbesondere dem Experiment an (Wellnitz & Mayer, 2013). Nachdem die Studierenden selbst ein Experiment durchgeführt haben, werden daran die Qualitätsmerkmale des Experiments besprochen und auf die typischen Schülerhürden beim Experimentieren eingegangen. Hieran schließt sich der Einsatz der Videovignetten nach der Lehr-Lernmethode des Kontrastierens und Vergleichens

an. In diesem Fall werden die Videovignetten als Gegenstand des Lernens eingesetzt und nicht als Testinstrument, wie es häufig der Fall ist (Aufschnaiter, Selter & Michaelis, 2017).

Die Auseinandersetzung mit den Videos wird durch einen Arbeitsauftrag angeleitet.¹ Für die Bearbeitung der Videos werden sie nebeneinander präsentiert und können beliebig häufig angeschaut werden. Während des Betrachtens der Videos sollen die Studierenden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Videos herausarbeiten. Dabei sollen besonders die Gesprächsführungen der Betreuerinnen und Betreuer und/oder die fachmethodische Qualität in der Betreuung in den Videos analysiert werden. Anhand der Unterschiede sollen sie beurteilen, welche Vorgehensweise sich mehr an den individuellen Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler orientiert, sie aber nicht in ihrer Eigenständigkeit und Kreativität einschränkt. Im umgekehrten Fall sollen die Studierenden mithilfe der Gemeinsamkeiten darlegen, warum die gesehene Vorgehensweise geeignet ist, die Lernenden in ihrem Experimentierprozess zu unterstützen. Nach Abschluss der Aufgabenbearbeitung findet eine gemeinsame Reflexion statt, in der die neu gewonnenen Erkenntnisse besprochen werden.

5 Ausblick

Begleitend zur Einbindung der beschriebenen Lernumgebungen in die genannten Lehrveranstaltungen sind Erhebungen vorgesehen, die eine Aussage über die Wirksamkeit der Lehr-Lernmethode hinsichtlich der diagnostischen Kompetenz der Studierenden zulassen. Überdies ist die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs des Lernerfolgs mit ausgewählten Personenvariablen der angehenden Lehrkräfte angedacht. Erste konzeptionelle Planungs- und Pilotierungsschritte haben bereits stattgefunden. Ergänzend zu den dargestellten Teilprojekten aus dem Bereich der Biologie wird das Kontrastieren und Vergleichen zudem im Rahmen des übergeordneten KoVeLa-Projekts aus erziehungswissenschaftlicher und mathematikdidaktischer Sicht untersucht (u. a. Nemeth, Werker, Arend & Lipowsky, 2021).

Im Anschluss an die Untersuchungen können nachfolgende Semester für die Optimierung der Lernumgebungen und Konzeption weiterer Lehrveranstaltungen genutzt werden. So könnten beispielsweise bisher nicht berücksichtigte Varianten des Kontrastierens und Vergleichens nach Rittle-Johnson und Star (2011) ins Zentrum weiterer Forschungsprojekte rücken und hinsichtlich ihrer Effektivität überprüft werden. Als Ziel dieses Vorgehens soll die ständi-

1 Zur Konzeption der Diagnose-Übungseinheit mit Videovignetten siehe Horn und Meier (2021).

ge Verbesserung der universitären Lehrveranstaltungen zugunsten einer bestmöglichen, praxisnahen und authentischen Kompetenzförderung von Lehramtsstudierenden im Mittelpunkt stehen.

Anmerkung

Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Vorhaben wurden im Rahmen des Projekts „Kontrastieren und Vergleichen in der Lehramtsausbildung“ (KoVeLa) in der „Programmlinie Zukunft“ der Universität Kassel (Projekt 1) sowie der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert (Projekt 2). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

- Akerson, V.L. (2008). How do I do this? Skills students need for inquiry. In E. Abrams, P.C. Silva & S.A. Southerland (Hrsg.), *Inquiry in the classroom. Realities and opportunities* (Contemporary research in education, S. 18–24). Charlotte, NC: IAP.
- Alferi, L., Nokes-Malach, T.J. & Schunn, C.D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 48(2), 87–113. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.775712>
- Aufschnaiter, C. von, Selter, C. & Michaelis, J. (2017). Nutzung von Vignetten zur Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenz – Konzeptionelle Überlegungen und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 85–106). Münster: Waxmann.
- 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>
- Baur, A. (2015). Inwieweit eignen sich bisherige Diagnoseverfahren des Bereichs Experimentieren für die Schulpraxis? *Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 19(1), 26–37.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0078-7>
- Beesley, A.D. & Apthorp, H.S. (2010). *Classroom Instruction That Works, Second Edition: Research Report. Mid-continent Research for Education and Learning (McREL)*. Mid-continent Research for Education and Learning (McREL). Abgerufen am 06.08.2020 von: <https://eric.ed.gov/?id=ED543521>
- Beretz, A.-K., Lengnink, K. & Aufschnaiter, C. (2017). Diagnostische Kompetenz gezielt fördern – Videoeinsatz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik.

- In C. Selter, J. Michaelis, K. Lengnink, C. Knipping, C. Hößle & S. Hußmann (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 149–168). Münster: Waxmann.
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M.G., Broko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research*, 5(1), 90–114.
- Brüning, H.-G. (1990). Das Versuchsprotokoll. *Physica didactica*, 17(3–4), 101–109. [https://doi.org/10.1016/0093-6413\(90\)90074-M](https://doi.org/10.1016/0093-6413(90)90074-M)
- Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A. & Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 215–234). Münster: Waxmann.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy. From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Opladen: Leske + Budrich.
- 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. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>
- Chinn, C.A. & Brewer, W.F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Dannemann, S., Meier, M., Hilfert-Rüppell, D., Kuhleemann, B., Eghtessad, A., Höner, K. et al. (2018). Erheben und Fördern der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von Vignetten. In M. Lindner & M. Hammann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Band 8, S. 245–263). Innsbruck: Studien Verlag.
- Ding, L., Wei, X. & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education*, 46(5), 613–632. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9473-y>
- Dübbelde, G. (2013). *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung*. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155–170. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0702_3
- Gentner, D. (2010). Bootstrapping the Mind: Analogical Processes and Symbol Systems. *Cognitive Science*, 34(5), 752–775. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01114.x>
- Gentner, D., Loewenstein, J. & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393–408. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.2.393>

- Gentner, D. & Markman, A.B. (1994). Structural Alignment in Comparison: No Difference Without Similarity. *Psychological Science*, 5(3), 152–158. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1994.tb00652.x>
- Graulich, N. & Schween, M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 376–383. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00672>
- Grube, C.R. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- Guo, J.-P., Pang, M.F., Yang, L.-Y. & Ding, Y. (2012). Learning from Comparing Multiple Examples: On the Dilemma of “Similar” or “Different”. *Educational Psychology Review*, 24(2), 251–269. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9192-0>
- Hammann, M., Thi, T.H.P., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Harteringer, A. (2003). Experimente und Versuche. In D. v. Reeken (Hrsg.), *Handbuch Methoden im Sachunterricht* (Bd. 3, S. 68–75). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Hessisches Kultusministerium. (2011). *Leitfaden: Maßgebliche Orientierungstexte zum Kerncurriculum Primarstufe*. Sachunterricht. Wiesbaden. Abgerufen am 20.08.2020 von: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/leitfaden_sachunterricht1.pdf.
- Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A., Looß, M. & Höner, K. (2012). Kompetenzentwicklung in der LehrerInnenbildung – Empirische Studien zum Professionalisierungsprozess in den naturwissenschaftlichen Fächern der Lehramtsstudiengänge. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 5(2), 157–179.
- Hilfert-Rüppell, D. & Looß, M. (2015). Fach(seminar)leiter im Interview. Welche Basis braucht die zweite Phase? In M. Hammann, J. Mayer & N. Wellnitz (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 6, S. 155–172). Innsbruck: StudienVerlag.
- Hirstein, A., Denn, A.-K., Jurkowski, S. & Lipowsky, F. (2017). Entwicklung der professionellen Wahrnehmungs- und Beurteilungsfähigkeit von Lehramtsstudierenden durch das Lernen mit kontrastierenden Videofällen – Anlage und erste Ergebnisse des Projekts KONTRAST. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 472–486.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students’ ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Horn, D. & Meier, M. (2019). *Förderung von Diagnosekompetenz bei Lehramtsstudierenden durch Reflektieren, Kontrastieren und Vergleichen der Betreuer-Schüler-Interaktion in Experimentaleinheiten*. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 129–130). Gehalten auf der Gemeinsamen Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Universität Wien. Abgerufen am 23.08.2020

- von https://www.vbio.de/fileadmin/user_upload/fachgesellschaften/pdf/FDdB/Tagungsbaende/Programmheft_GDCP_FDdB_2019_klein.pdf
- Horn, D. & Meier, M. (2020a). Die Suche nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in Schülerprotokollen – Eine vignettengestützte Lehr-Lernmethode. *MNU Journal*, 5, 410–417.
- Horn, D. & Meier, M. (2020b). Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden in Experimentaleinheiten mit kontrastierenden Videovignetten. In C. Langfeldt & T. Fritsch (Hrsg.), 22. *Internationale Frühjahrsschule 24.02.-27.02.2020* (S. 63–64). Halle (Saale). Abgerufen am 23.08.2020 von: <https://wcms.itz.uni-halle.de/download.php?down=54606&elem=3277075>
- Horn, D. & Meier, M. (2021). Kontrastieren und Vergleichen mit Videovignetten – Konzeption einer Diagnose-Übungseinheit für Biologielehramtsstudierende. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht – Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken*. Münster: Waxmann (im Druck).
- Jee, B.D., Uttal, D.H., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T.F. & Sageman, B. (2013). Finding faults: analogical comparison supports spatial concept learning in geoscience. *Cognitive Processing*, 14(2), 175–187. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0551-7>
- Jong, T. de & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Klahr, D., Fay, A.L. & Dunbar, K.O. (1993). Heuristics for scientific experimentation: a developmental study. *Cognitive Psychology*, 25(1), 111–146. <https://doi.org/10.1006/cogp.1993.1003>
- Köster, H. (2003). Kinder erleben Naturphänomene mit allen Sinnen. *Praxis Grundschule*, 26(4), 23–27.
- Krämer, S. (2011). Brausepulver – eine prickelnde Mischung. Ein systematisches Training zum Protokolle schreiben. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22(126), 23–28.
- Kuhn, D. & Brannock, J. (1977). Development of the isolation of variables scheme in experimental and “natural experiment” contexts. *Developmental Psychology*, 13(1), 9–14. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.13.1.9>
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x>
- KMK – Kultusministerkonferenz der Länder. (2008). *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)*. München: Luchterhand. Abgerufen am 20.08.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Kurtz, K.J. & Gentner, D. (2013). Detecting anomalous features in complex stimuli: The role of structured comparison. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 19(3), 219–232. <https://doi.org/10.1037/a0034395>

- Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2011). Förderung des konzeptuellen Verständnisses für Schwimmen und Sinken durch strukturierte Lernumgebungen. In F. Vogt, M. Leuchter, A. Tettenborn, U. Hottinger, M. Jäger & E. Wannack (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder* (S. 37–52). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F., Hess, M., Arend, J., Denn, A.-K., Hirstein, A. & Rzejak, D. (2019). Lernen durch Kontrastieren und Vergleichen – Ein Forschungsüberblick zu wirkmächtigen Prinzipien eines verständnisorientierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), *Unterrichtsqualität: Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Grundlagen der Qualität von Schule 3* (S. 373–402). Münster: Waxmann.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968. <https://doi.org/10.1080/0950069960180807>
- Ludwig, T. & Priemer, B. (2012). Begründungen und Überzeugungen beim Beibehalten und Verwerfen von eigenen Hypothesen in Real- und Simulationsexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011* (Bd. 32, S. 313–315). Münster: LIT.
- Marzano, R.J., Pickering, D. & Pollock, J.E. (2001). *Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. ASCD.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., Keiner, K. & Ziemek, H.-P. (2003). Naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz im Biologieunterricht. In A. Bauer & U. Kattmann (Hrsg.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, Berlin, 14. bis 19. September 2003* (S. 21–24). Kiel.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos.
- Meier, M. & Wulff, C. (2013). Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(8), 485–490.
- Millar, R. & Lubben, F. (1996). Investigative work in science the role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Education*, 3–13, 28–34. <https://doi.org/10.1080/03004279685200061>
- Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (2018). *Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht*. Mainz. Abgerufen am 20.08.2020 von: https://grundschule.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/grundschule.bildung-rp.de/Praxishandbuch_Naturwissenschaftliche_Inhalte_im_SU.pdf
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*.

- Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 161–193). Münster: Waxmann.
- Nagarajan, A. & Hmelo-Silver, C. (2006). Scaffolding Learning from Contrasting Video Cases. In S.B. Barab, K.E. Hay & D.T. Hickey (Hrsg.), *Proceedings of Seventh International Conference of the Learning Sciences* (S. 495–502). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Nawrath, D., Maiseykenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(6), 42–48.
- Nemeth, L., Werker, K., Arend, J. & Lipowsky, F. (2021). Fostering the acquisition of subtraction strategies with interleaved practice: An intervention study with German third graders. *Learning and Instruction*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101354>
- Nichols, K., Burgh, G. & Kennedy, C. (2017). Comparing Two Inquiry Professional Development Interventions in Science on Primary Students' Questioning and Other Inquiry Behaviours. *Research in Science Education*, 47(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9487-5>
- Praetorius, A.-K., Lipowsky, F. & Karst, K. (2012). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Aktueller Forschungsstand, unterrichtspraktische Umsetzbarkeit und Bedeutung für den Unterricht. In R. Lazarides & A. Ittel (Hrsg.), *Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Implikationen für Theorie und Praxis* (S. 115–146). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Reed, S.K. & Bolstad, C.A. (1991). Use of Examples and Procedures in Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17(4), 753–766. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.17.4.753>
- Rittle-Johnson, B. & Star, J.R. (2011). The power of comparison in learning and instruction: learning outcomes supported by different types of comparisons. *Psychology of Learning and Motivation-Advances in Research and Theory*, 55, 199–225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00007-7>
- Rittle-Johnson, B., Star, J.R. & Durkin, K. (2009). The importance of prior knowledge when comparing examples: Influences on conceptual and procedural knowledge of equation solving. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 836–852. <https://doi.org/10.1037/a0016026>
- Rittle-Johnson, B. & Star, J.R. (2007). Does Comparing Solution Methods Facilitate Conceptual and Procedural Knowledge? An Experimental Study on Learning to Solve Equations. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 561–574.
- Santagata, R. & Guarino, J. (2011). Using video to teach future teachers to learn from teaching. *ZDM*, 43(1), 133–145. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0292-3>
- Schauble, L., Klopfer, L.E. & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280910>
- Schrader, F.-W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 31(2), 154–165.

- Schwartz, D.L. & Bransford, J.D. (1998). A Time for Telling. *Cognition and Instruction*, 16(4), 475–522. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1604_4
- Shamos, M.H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 45–68). Opladen: Leske + Budrich.
- Sherin, M.G. (2004). New perspectives on the role of video in teacher education. In J. Brophy (Hrsg.), *Using video in teacher education* (S. 1–28). Amsterdam: Elsevier.
- Slowiaczek, L.M., Klayman, J., Sherman, S.J. & Skov, R.B. (1992). Information selection and use in hypothesis testing: What is a good question, and what is a good answer? *Memory & Cognition*, 20(4), 392–405. <https://doi.org/10.3758/BF03210923>
- Spiro, R.J., Collins, B.P. & Ramch, A. (2007). Reflections on a Post-Gutenberg Epistemology for Video Use in Ill-Structured Domains: Fostering Complex Learning and Cognitive Flexibility. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S.J. Derry (Hrsg.), *Video research in the learning sciences* (S. 93–100). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Valanides, N., Papageorgiou, M. & Angeli, C. (2014). Scientific Investigations of Elementary School Children. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 26–36. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9448-6>
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Ward, M. & Sweller, J. (1990). Structuring Effective Worked Examples. *Cognition and Instruction*, 7(1), 1–39. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0701_1
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.
- Wodzinski, R. (2009). Experimentieren im Sachunterricht. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Unterrichtsplanung und Methoden* (3. Auflage, 124–129). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

**Professionalisierung angehender Lehrkräfte –
hochschuldidaktische Lehrkonzepte und
curriculare Vernetzung**

Gabi Dübbelde & Claudia v. Aufschnaiter

Lehramtsstudierende diagnostizieren fachmethodisches Arbeiten von Schülerinnen und Schülern – ein Verbundprojekt

Es begann 2007 – Claudia v. Aufschnaiter war gerade wenige Monate in Gießen – mit einem Anruf aus Bremen: „Claudia, das BMBF hat ein Programm zur Empirischen Bildungsforschung mit dem Schwerpunkt Hochschulforschung als Beitrag zur Professionalisierung der Hochschullehre ausgeschrieben. Da müsstest du eigentlich was machen.“ Dieser Anruf hat ein Verbundprojekt zu ‚Professionsorientierte Lehrerbildung – Horizontale und vertikale Vernetzung fachdidaktischer, pädagogisch-psychologischer und schulpraktischer Ausbildungsanteile zum Aufbau diagnostischer Kompetenzen‘ initiiert (Laufzeit 2008–2012, Förderkennziffer 01PH08007), das unsere weiteren wissenschaftlichen Biographien maßgeblich geprägt hat. Wir haben Jürgen Mayer in der Zusammenarbeit als einen Wissenschaftler erlebt, der sich sehr wertschätzend und konstruktiv mit unterschiedlichen Perspektiven auseinandersetzt und darin – ganz im Sinne der von ihm vorgeschlagenen Konstrukte – den Charakter fachdidaktischer Forschung explizit zum Gegenstand der Betrachtungen macht. Wir haben deshalb nicht nur in den Diskussionen, sondern auch durch seine Art der Diskussionsführung viel dazugelernt. Vielen Dank!

1 Erkenntnisgewinnung als schulisches Lernziel und als Anlass für Diagnostik

Die Kenntnis und das Anwenden fachmethodischer Arbeitsweisen, z. B. bei der Planung und Auswertung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung, sind zentrale Bildungsziele von naturwissenschaftlichem Unterricht (KMK, 2005a, 2005b, 2005c). Insbesondere das Experimentieren erfüllt vor diesem Hintergrund eine doppelte Funktion: Es ist einerseits eine *Unterrichtsmethode*, andererseits sind für das (nicht angeleitete) Experimentieren *Kompetenzen* erforderlich, die auch – aber nicht nur – durch das Experimentieren als Methode aufgebaut werden können (vgl. Lind, Kroß & Mayer, 1998; Vorholzer & v. Aufschnaiter, 2019). Entsprechende Kompetenzen werden im deutschen Sprachraum dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* in den KMK Bildungsstandards (2005a–c) zugeordnet.

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung kann nach Mayer (2007) als ein komplexer Problemlöseprozess verstanden werden, den Mayer (S. 181) als „wissenschaftliches Denken“ beschreibt und der aus mehreren aufeinanderfolgenden Schritten besteht (vgl. auch Wellnitz & Mayer, 2013):

- (a) die Entwicklung einer geeigneten Fragestellung,
- (b) das Aufstellen einer geeigneten Hypothese,
- (c) das Planen einer passenden Untersuchung und
- (d) die Auswertung von Daten.

Mayer (2007, S. 178) geht dabei davon aus, dass neben Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens als weitere Kompetenzkonstrukte ein angemessenes *Wissenschaftsverständnis* und *spezifische manuelle Fertigkeiten* (z.B. zum Mikroskopieren) dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung zuzuordnen sind.

Aufgrund seiner Doppelfunktion als Unterrichtsmethode und als Kontext, in dem entsprechend vorhandene und möglicherweise noch fehlende Kompetenzen ‚sichtbar‘ werden, eignet sich das Experimentieren in besonderer Weise, um diagnostische Fähigkeiten von (angehenden) Lehrkräften auszubilden (s. dazu auch ein weiteres Lehrvorhaben von Meyer-Odewald et al. in diesem Band). Gleichzeitig können (angehende) Lehrkräfte in der Auseinandersetzung mit Experimentierprozessen von Schülerinnen und Schülern befähigt werden, das Experimentieren nicht nur zum Aufbau fachinhaltlicher, sondern auch zum Aufbau fachmethodischer Kompetenzen gezielt einzusetzen. Diese Schnittstelle zwischen Diagnostik und dem Experimentieren wurde im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes¹ zur Vernetzung fachdidaktischer, pädagogisch-psychologischer und schulpraktischer Ausbildungsanteile bearbeitet (Förderkennziffer 01PH08007). Wir haben dabei nicht nur Erkenntnisse über die diagnostische Kompetenz von Studierenden gewonnen, sondern gleichermaßen selbst aus unseren diagnostischen Prozessen Hinweise auf eine (bessere) Förderung unserer Studierenden abgeleitet.

2 Diagnostik und Förderung von Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung

Das Erfassen von (unterschiedlichen) Lernvoraussetzungen, Lernleistungen und Lernprozessen sowie von Prozessen der motivational-emotionalen Beteiligung von Schülerinnen und Schülern stellt eine wichtige Handlungsroutine im Alltag von Lehrkräften dar. Von daher wird diagnostische Kompetenz als ein wesentliches Element der Professionalität von Lehrkräften angesehen (u.a. Artelt & Gräsel, 2009; Jäger, 2009; Brunner, Anders, Hachfeld & Krauss,

1 Prof. Dr. Claudia v. Aufschnaiter (Projektleitung), Prof. Dr. Marco Ennemoser, Prof. Dr. Jürgen Mayer, Prof. Dr. Joachim Stiensmeier-Pelster, Prof. Dr. Rudolf Sträßer sowie die Projektmitarbeiterinnen Janine Cappell, Gabi Dübbelde und Anett Wolgast.

2011) und in Kompetenzbeschreibungen für die erste und zweite Ausbildungsphase explizit aufgeführt, wie z. B. in den „Standards zur Lehrerbildung“ (KMK, 2004) und den „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ (KMK, 2008|2019). Die inzwischen relativ große Bandbreite an Projekten zur Diagnostik, die sich zumindest in Ansätzen auch in internationalen Forschungsarbeiten unter den Schlagwörtern *formative assessment* und *noticing* finden lassen, bringt die Herausforderung einer präzisen begrifflichen Fassung von ‚Diagnostik‘ und ‚diagnostischer Kompetenz‘ mit sich, die aber gleichzeitig anschlussfähig an unterschiedliche Perspektiven auf Diagnostik ist. Im Rahmen des Projektes wurden deshalb vier Diagnosearten herauspräpariert (vgl. u. a. in v. Aufschnaiter et al., 2015): *Statusdiagnostik*, *Prozessdiagnostik*, *Veränderungsdiagnostik* und *Verlaufsdiagnostik*. Allen Diagnosearten liegt zugrunde, dass sie auf Schülermerkmale und deren Veränderung bzw. Entwicklung gerichtet sind (diese Merkmale zum Gegenstand haben²), um zu Förderaussagen zu gelangen (das Ziel einer Diagnostik). Damit lässt sich Diagnostik von einer Leistungsmessung insofern abgrenzen, als dass letztere typischerweise ‚nur‘ der Kompetenzfeststellung dient, aber nicht den Anspruch erhebt, Förderaussagen ableiten zu können oder zu wollen (vgl. v. Aufschnaiter, Theyßen & Krabbe, 2020).

Statusdiagnostik richtet sich auf die Erfassung von Merkmalsausprägungen, die zum Messzeitpunkt vorliegen, z. B. eine spezifische Kompetenz bzw. Lernvoraussetzung. Für die Statusdiagnostik werden Produkte der Lernenden herangezogen (z. B. Schülerlösungen zu schriftlich gestellten Aufgaben oder verbale Antworten auf eine Frage). Statusdiagnostik kann vergleichsweise zügig und für eine relativ große Zahl an Lernenden erfolgen, wenn die Aufgaben zur Erhebung geschickt konstruiert werden. Gleichzeitig bildet Statusdiagnostik den Lösungsprozess nicht mit ab, der insbesondere bei fachmethodischen Kompetenzen aber sehr aufschlussreich sein kann, z. B. ob eine bestimmte Überlegung in einen Experimentierprozess leitet oder aber erst für die Lernenden auffällig wird, wenn etwas nicht funktioniert.

Prozessdiagnostik richtet sich ebenfalls auf zu einem Zeitpunkt vorliegenden Merkmalsausprägungen, löst diese aber differenzierter auf, da nicht nur das Ergebnis der Bearbeitung von Aufgaben, sondern auch die Bearbeitungsprozesse selbst herangezogen werden. Hier kann sich z. B. zeigen, ob die Lösung eher zufällig oder eher systematisch generiert wurde, wie lange der Prozess dauert und ob ggf. trotz falscher Lösung richtige Überlegungen handlungsleitend waren. Förderansätze werden dann unterschiedlich ausfallen, je nachdem, ob sich bereits im Lösungsprozess Ansätze des Verstehens zeigen oder

2 Das schließt auch ein, dass die Anforderungen, die Aufgaben an Lernende stellen, Bestandteil von Diagnostik sein können (vgl. z. B. McElvany et al., 2009).

Lernende möglicherweise noch sehr weit weg von einem fachlich angemessenen Verständnis sind. In beiden Fällen könnte in einer Statusdiagnostik nur die fehlerhafte Lösung deutlich werden, also kein förderrelevanter Unterschied erkennbar sein.

Veränderungs- und Verlaufsdiagnostik sind auf Lernen gerichtet. In der *Veränderungsdiagnostik* werden zwei Status- und/oder Prozessdiagnosen zu verschiedenen Zeitpunkten verglichen. In der Literatur wird dieser Vergleich manchmal als Prozessdiagnostik bezeichnet (z.B. Schrader, 2011, S. 684), was aber irreführend ist, weil üblicherweise weder der Lösungsprozess noch der Prozess, der die Veränderung hervorgerufen hat, in den Blick genommen wird. *Verlaufsdiagnostik* hat den Lernprozess zum Gegenstand, in dem durch die Aneinanderreihung von Status- und Prozessdiagnosen zu gleichen Merkmalsausprägungen erfasst wird, wie sich diese in der Auseinandersetzung mit Lerngegenständen *entwickeln*. Im Unterrichtsgeschehen werden vor allem Status- und Prozessdiagnostik das Handlungsfeld einer Lehrkraft ausmachen, und darin vor allem fachinhaltliche und fachmethodische, kognitive Kompetenzen von Lernenden. Fachdidaktische Theorie und Empirie kann für diese diagnostischen Prozesse sowohl eine Orientierung liefern, worauf geachtet werden kann (z.B. wie Schülerinnen und Schüler Experimente planen und ob sie dabei eine Verbindung zu zuvor entwickelten Fragen herstellen), als auch *Niveaubeschreibungen* anbieten (v. Aufschnaiter, Theyßen & Krabbe, 2020; Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018). Niveaubeschreibungen unterstützen Lehrkräfte, nicht nur dichotom zwischen ‚richtig‘ und ‚falsch‘ zu unterscheiden, sondern differenziert die vorliegenden Kompetenzen einzuschätzen und Aussagen über nächste Lernschritte abzuleiten.

Vor dem Hintergrund der begrifflichen Fassung von ‚Diagnostik‘ kann auch eine differenzierte Perspektive auf ‚diagnostische Kompetenz‘ eingenommen werden (vgl. Auflistung von Kompetenzen in v. Aufschnaiter et al., 2015). Sie umfasst nicht nur die Fähigkeit, Diagnosearten zu unterscheiden und ziel führend auszuwählen, sondern auch die Fähigkeit, so zu diagnostizieren, dass sich sinnvoll Förderaussagen ableiten lassen. Dazu gehört auch, dass Lehrkräfte sowohl über Kenntnisse über Diagnostik und zugehörige fachdidaktische Theorie und Empirie (z.B. zu Schülervorstellungen) verfügen, als auch den zu diagnostizierenden Gegenstand selbst fachlich angemessen beherrschen, um z.B. Schülerfehler erkennen zu können.

3 Diagnostische Kompetenz von Lehramtsstudierenden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Trotz der unbestritten hohen Relevanz von diagnostischer Kompetenz für die professionelle Kompetenz von Lehrkräften und ihrer großen Bedeutung im Schulalltag haben sich lange Zeit nur wenige empirische Studien explizit diesem Thema gewidmet (van Buer & Zlatkin-Troitschanskaia, 2009). Insbesondere gab es nur wenig Projekte, die sich auf die Diagnostik fachmethodischer Kompetenzen und Lernprozesse bezogen haben, sicher auch, weil die Relevanz dieser Lernprozesse erst mit Einführung der KMK Bildungsstandards (2005a–c) besonders deutlich wurde. Ein Teilprojekt des Forschungsverbundes untersuchte deshalb die *diagnostische Kompetenz von Biologie-Lehramtsstudierenden* im Bereich der Erkenntnisgewinnung (Dübbelde, 2013). Im Fokus der Untersuchungen stand insbesondere die Fähigkeit von angehenden Lehrkräften, diagnostizieren zu können, inwieweit Schülerinnen und Schüler einen Erkenntnisprozess gezielt, folgerichtig und qualitativ angemessen durchlaufen (bzw. wo sich Schwierigkeiten zeigen).

3.1 Daten und methodisches Vorgehen

Im Teilprojekt wurden zwei Kohorten von Studierenden untersucht ($N = 110$ bzw. $N = 155$), die mehrheitlich entweder das gymnasiale Lehramt oder das Lehramt für Haupt- und Realschule gewählt hatten. Zu Beginn des Studiums wurden vor allem das *fachmethodische Wissen (wissenschaftliches Denken, s. o.)* der Studierenden und ihr *Wissenschaftsverständnis* erfasst. Die diesen Erhebungen zugrunde liegende Annahme bestand darin, dass beide Wissensbereiche zentrale Voraussetzungen (*Bedingungsfaktoren*) von diagnostischer Kompetenz im Bereich Erkenntnisgewinnung darstellen (vgl. Mayer, 2007). Im weiteren Verlauf des Studiums wurde insbesondere die *Kompetenz zur Statusdiagnostik* der Studierenden erhoben. Hierfür wurde ein Testinstrument entwickelt, mit welchem die Fähigkeit der Studierenden erfasst werden konnte, *Schülerantworten vor dem Hintergrund von Niveaubeschreibungen* im Bereich des Wissenschaftlichen Denkens (unterschieden in die vier Prozessschritte (a)–(d), s. o.) korrekt zu beurteilen (Niveaubeschreibungen basieren auf u. a. Grube, 2010; Grube & Mayer, 2010; Mayer, Grube & Möller, 2008).

Eher gegen Ende des Studiums wurde auch die *Kompetenz zur Prozessdiagnostik* im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erhoben. Die diagnostische Tätigkeit der Studierenden bezog sich hier auf das Beurteilen eines im Video gezeigten Schülerexperimentierprozesses zweier Lernender.

Die Studierenden sollten die korrekte Abfolge der Schritte des Erkenntnisweges und deren Qualität diagnostizieren. Zusätzlich bestand die diagnostische Aufgabe darin, die im Experimentierprozess entstandenen, schriftlich vorliegenden Schülerergebnisse zu beurteilen (Statusdiagnostik). Mit Hilfe dieses ‚kombinierten‘ Zugangs sollten neben Befunden zur Ausprägung der Kompetenz zur Prozess- und Statusdiagnostik auch Hinweise gewonnen werden, inwiefern Studierende intraindividuelle Unterschiede in der Kompetenz aufweisen.

Für die eingesetzten Instrumente zur Erfassung der diagnostischen Kompetenz (Status- und Prozessdiagnostik) wurden die Antworten der Studierenden über die Vergabe von Punkten für eine statistische Auswertung (Raschanalyse) vorbereitet. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden zudem mit den Ergebnissen aus den Wissenstests (ebenfalls per Rasch ausgewertet) in Beziehung gesetzt (vgl. ausführlich in Dübbelde, 2013).

3.2 Zentrale Ergebnisse

Statusdiagnostik. Als ein zentrales Ergebnis zeigt sich, dass die Studierenden das Kompetenzniveau von Schülerinnen und Schülern umso schlechter beurteilen können, je höher das Niveau war. Dieser Befund zeigt sich nicht nur insgesamt für das wissenschaftliche Denken, sondern auch innerhalb jeder der vier Teilschritte (Frage, Hypothese, Planung, Auswertung). Ein weiterer Befund ist, dass die diagnostische Kompetenz der Lehramtsstudierenden für die verschiedenen Schritte des Erkenntnisprozesses unterschiedlich hoch ausgeprägt ist. Die Beurteilung von Schülerlösungen zum Teilschritt ‚Auswertung‘ gelingt den Studierenden deutlich besser als für den Teilschritt ‚Planen‘. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen einer Studie, bei der es um das Lösen der Aufgaben durch die Schülerinnen und Schüler geht (vgl. Mayer, Grube & Möller, 2008). Hier deutet sich an, dass die mit dem Teilschritt ‚Auswertung‘ verbundenen Anforderungen Schülerinnen und Schülern – und damit evtl. auch Studierenden – am ehesten vertraut sind und deshalb u. U. von den Studierenden auch am besten beurteilt werden können. Umgekehrt könnten Probleme bei der Diagnostik auch darauf zurückzuführen sein, dass das Planen einer Untersuchung im Unterricht und auch im Studium selten explizit Gegenstand ist und deshalb auch nicht hinreichend beherrscht wird.

Prozessdiagnostik. Die Studierenden zeigen besonders dort Schwierigkeiten beim Beurteilen von Schülerkompetenzen, wo es um den Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den Variablen geht. So können die Studierenden oft nicht richtig diagnostizieren, ob die Schülerinnen und Schüler die zu messen-

de und die zu variierende Variable bei der Versuchsplanung korrekt berücksichtigt und bei der Durchführung des Experimentes korrekt gehandhabt haben. Ebenfalls gelingt es den Studierenden oftmals nicht, richtig zu beurteilen, ob es sich bei den von den Lernenden dokumentierten Beobachtungen und Messungen um qualitative oder quantitative Angaben handelt. Beides – der Schülerumgang mit den Variablen und das Erkennen, ob bei dem von den Schülerinnen und Schülern geplanten und durchgeführten Experiment qualitative oder quantitative Daten erhoben wurden – stellen wesentliche Diagnosekriterien für das Beurteilen der Schülerkompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung dar.

Status- und Prozessdiagnostik in der Zusammenschau. Es zeigt sich relativ deutlich, dass den Studierenden eher die Statusdiagnostik als die Prozessdiagnostik gelingt. Dieser Befund passt zu der theoretischen Modellierung von Prozessdiagnostik, die zwar Kompetenz differenzierter aufschlüsseln kann, gleichzeitig aber auch komplexere Daten zugrunde legt, die wiederum zu einer Überforderung führen können. Es gelingt Studierenden dann möglicherweise nicht mehr oder nur schlechter, relevante diagnostische Informationen in der Datenlage zu identifizieren. Der interindividuelle Vergleich bildet ferner eine große Streuung ab, was im Einklang mit den Forschungsergebnissen anderer Studien steht (Hoge & Coladarci, 1989; Hosenfeld, Helmke & Schrader, 2002).

Zusammenhang mit Personenmerkmalen. Das fachmethodische Vorwissen der Studierenden zeigt erwartungskonform einen geringen, aber hoch signifikanten Zusammenhang sowohl mit den status- als auch mit den prozessdiagnostischen Kompetenzen der Studierenden. Ein schwächer ausgeprägter, aber signifikanter Zusammenhang findet sich zudem zwischen dem Wissenschaftsverständnis und der statusdiagnostischen Kompetenz.

Literatur

- Alonzo, A.C. & Aufschnaiter, C.v. (2018). Moving beyond misconceptions: Learning progressions as a lens for seeing progress in student thinking. *The Physics Teacher*, 56, 470–473. <https://doi.org/10.1119/1.5055332>
- Artelt, C. & Gräsel, C. (2009). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3–4), 157–160. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.157>
- Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbele, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(5), 738–757.

- Aufschnaiter, C. v., Theyßen, H. & Krabbe, H. (2020). Diagnostik und Leistungsbeurteilung im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H.E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik | Grundlagen* (S. 529–571). Berlin: Springer.
- Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A. & Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 215–234). Münster: Waxmann.
- Dübbelde, G. (2013). *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung*. Dissertation: Universität Kassel. Abgerufen am 27.05.2019 von: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2013122044701>
- Grube, C. (2010). *Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation: Universität Kassel. Abgerufen am 27.05.2019 von: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2011041537247/3/DissertationChristianeGrube.pdf>
- Grube, C. & Mayer, J. (2010). Wissenschaftsmethodische Kompetenzen in der Sekundarstufe I: Eine Untersuchung zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In U. Harms & I. Mackensen-Friedrichs (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 4. Tagungsband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Kiel 2009* (S. 155–168). Innsbruck: Studienverlag.
- Hoge, R.D. & Coladarci, T. (1989). Teacher-based judgments of academic achievement: A review of literature. *Review of Educational Research*, 59, 297–313. <https://doi.org/10.3102/00346543059003297>
- Hosenfeld, I., Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2002). Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE. In M. Prenzel & J.E. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (Vol. 45, S. 65–82). Weinheim: Beltz.
- Jäger, R.S. (2009). Diagnostische Kompetenz und Urteilsbildung als Element von Lehrprofessionalität. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nikolaus & R. Mulder (Hrsg.), *Lehrprofessionalität – Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 105–116). Weinheim und Basel: Beltz.
- KMK. (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Abgerufen am 27.05.2019 von: www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf
- KMK. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Bildungsabschluss*. München, Neuwied: Luchterhand.
- KMK. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss*. München, Neuwied: Luchterhand.
- KMK. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München, Neuwied: Luchterhand.

- KMK. (2008|2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Abgerufen am 27.05.2019 von: www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Lind, G., Kroß, A. & Mayer, J. (1998). *BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ – Erläuterungen zu Modul 2. Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN). Abgerufen am 27.05.2019 von: http://www.sinus-transfer.de/module/modul_2naturwissen_schaftliches_arbeiten.html
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudierende und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften* (Bd. 3, S. 63–79). Innsbruck: Studienverlag.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., ... Ullrich, M. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3–4), 223–235. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.223>
- Schrader, F.-W. (2011). Lehrer als Diagnostiker. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 683–698). Münster: Waxmann.
- van Buer, J. & Zlatkin-Troitschanskaia, O. (2009). Diagnostische Lehrerexpertise und adaptive Steuerung unterrichtlicher Entwicklungsangebote. In J. van Buer & C. Wagner (Hrsg.), *Qualität von Schule. Ein kritisches Handbuch* (S. 381–400). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Vorholzer, A. & Aufschnaiter, C. v. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 335–345.

Hagen Kunz & Julia Wolowski

Wissenschaftliches Denken und Arbeiten im kompetenzorientierten Biologieunterricht – Aufbau von fachmethodischem Wissen in der Qualifizierung angehender Lehrkräfte

Die enge Verzahnung einer an den aktuellen Erfordernissen und Herausforderungen des Unterrichtsfachs Biologie orientierten Forschung mit den daraus erwachsenden Anforderungen an die Qualifizierung von Lehrenden im Studium, dem Vorbereitungsdienst und in der Fort- und Weiterbildung war strukturbildend in der langjährigen Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer. Hier bildete von Anbeginn das naturwissenschaftliche Denken und Arbeiten und der Einsatz von digitalen Medien einen Schwerpunkt, zunächst in den Lehrveranstaltungen zur Unterrichtsentwicklung und bei der Betreuung von Praxisphasen als Lehrbeauftragter an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die eng von Herrn Prof. Dr. Mayer angelegte Verknüpfung von Forschungsfragen zur Kompetenzentwicklung von Lehrenden mit Projekten zur Qualitätsentwicklung im Studium und in der Weiterbildung hat mir in dieser Zeit interessante Einblicke in Forschung und Lehre eröffnet. Mit der fachdidaktischen Begleitforschung im Kooperationsprojekt KUMNat (2008–2011) wurde die Grundlage für mein Dissertationsvorhaben zur Entwicklung des Professionswissens von Lehrkräften gelegt, das an der Universität Kassel 2012 abgeschlossen werden konnte. Der offene und konstruktive Diskurs zu fachdidaktischen Implikationen der Kompetenzorientierung in Lehre und Forschung, insbesondere zur Entwicklung des Professionswissens von Lehrkräften, ist seither prägend für einen anregenden und von mir geschätzten Austausch mit Jürgen Mayer.

1 Theoretischer Rahmen und Stand der Forschung

1.1 Kompetenzorientierung im Fach Biologie

Ein Vergleich der Reformen schulischer wie auch universitärer Bildungspläne, ausgehend von TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) und PISA (*Programme for International Student Assessment*) (u. a. OECD, 2007; OECD, 2014; Reiss, Weis, Klieme & Köller, 2018; Stanat et al., 2002), zeigt, dass in allen Initiativen Anstrengungen unternommen worden sind, neben den verbindlichen Fachinhalten die Vermittlung erkenntnistheoretischer, methodischer, sozialer und personaler Kompetenzen systematisch zu stärken.

Mit der Einführung von Bildungsstandards (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) und korrespondierenden Standards für die Lehrerbildung (KMK, 2004) wer-

den national einheitlich Kenntnisse und Fertigkeiten durch Kompetenzen beschrieben, die auf eine hohe Qualität des Lehrens und Lernens in der Qualifizierung im Unterricht wie auch in der Ausbildung von Lehrkräften angelegt sind. Innerhalb der Bildungsstandards Naturwissenschaften stehen neben dem Fachwissen (Fachinhalte und Konzepte), der Kommunikation und dem Bewerten besonders der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten) im Mittelpunkt des fachdidaktischen und schulpraktischen Interesses (Mayer, 2004, 2007).

1.2 Fachmethodisches Wissen als Facette des Professionswissens von Lehrkräften

Die in den Standards der Kompetenzbereiche beschriebenen Kenntnisse und Fertigkeiten stellen neue Anforderungen an Lehr- und Lernsituationen im Fach Biologie. Damit einher geht die Notwendigkeit einer systematischen Unterstützung der Lehrerprofessionalität (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Bromme, 1997; Cochran-Smith & Fries, 2005; Lipowsky, 2006; Oser, 1997a, 1997b; Reiss, Weis, Klieme & Köller, 2018; Shulman & Shirin, 2004; Shulman, 1986) mit dem Ziel, die Lehrenden bei der Entwicklung geeigneter kompetenzorientierter Lehr- und Lernarrangements zu unterstützen. Sowohl in der nationalen wie auch internationalen fachdidaktischen Forschung werden die Wissensbereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen als Bereiche professionellen Wissens von Lehrkräften beschrieben (Abell, 2007; Aufschnaiter & Hofmann 2014; Jüttner, Spangler & Neuhaus, 2009; Shulman & Shirin, 2004; Shulman, 1986), die im deutschsprachigen Raum um die Bereiche Organisations- und Beratungswissen ergänzt werden (Arnold, 2007; Bromme, 2008).

Im Bereich des Fachwissens umfasst das Professionswissen von Lehrkräften neben den fachwissenschaftlichen Kenntnissen auch das fachmethodische Wissen (Abell, 2007; KMK, 2019a; Kunz, 2012; Wolowski & Kunz, 2018). In den naturwissenschaftlichen Fächern beschreiben die Kompetenzkonstrukte (manuelle Fertigkeiten, wissenschaftliches Denken und Wissenschaftsverständnis) und Standards der Erkenntnisgewinnung zentrale Kompetenzen fachmethodischen Wissens (Mayer, 2007). Die Untersuchungsmethoden stellen in den naturwissenschaftlichen Fächern ein wesentliches Element naturwissenschaftlichen Arbeitens dar, die den Prozess wissenschaftlicher Untersuchungen in seinen Phasen charakterisieren (Wellnitz & Mayer, 2012). Die Standards der Erkenntnisgewinnung differenzieren den Prozess einer Untersuchung im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess in den folgenden Teilkompetenzen aus: (1) naturwissenschaftliche Fragen formulieren, (2) Hypo-

thesen generieren, (3) Untersuchungen planen und (4) Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen (Mayer, 2013). Lehrende sollen nicht nur ein vernetztes und umfassendes Wissen über die Inhalte ihres Faches besitzen (KMK, 2019a, 2019b; Shulman, 1986), sondern auch den spezifischen Anforderungen ihres Faches in Form von wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsprozessen gerecht werden (Arnold, Kremer & Mayer, 2014; Dübbelde, 2013; Möller, Grube & Mayer, 2007; Kunz, 2012).

Mit den Standards für die Lehrerbildung wurde ein konkreter Rahmen zur Sicherung der Qualität in der Professionalisierung von Lehrkräften beschrieben, der ein auf die Bildungsstandards in den Fächern abgestimmtes Anforderungsprofil beschreibt. Die Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften in den Wissensbereichen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen stehen neben dem pädagogischen Wissen in unmittelbarer Beziehung zu der Entwicklung der Lernenden und beeinflussen somit den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht (Arnold, 2007; Baumert et al., 2004; KMK, 2004, 2019b; Kunz, 2012). Kernaufgabe von Lehrkräften ist es, standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht zu erteilen, indem sie Lernprozesse systematisch planen und beim Lernen und Arbeiten lernprozessbegleitend agieren (KMK, 2019a). Das Professionswissen, die Qualifikation und auch die Persönlichkeit der Lehrperson stehen dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit der Qualität von Unterricht, dem Lernfortschritt und der Persönlichkeitsentwicklung der Lernenden (Baumert & Kunter, 2006; Harlen, 1997; Helmke, 2012; Oevermann, 1996; Wenner, 1995; Wimmer, 1996).

1.3 Stand der Forschung

Im fachdidaktischen Diskurs beschreibt die Ausdifferenzierung professioneller Wissensdomänen zum allgemeinen und fachbezogenen pädagogischen Wissen und Können die Notwendigkeit einer fundierten Beschreibung der auf das Unterrichten bezogenen professionellen Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften (Großschedl, Harms, Kleickmann & Glowinski, 2015; Hartmann et al., 2015; KMK, 2019b). Besondere Herausforderungen stellt das Erfassen von Wissen und Können der Lehrkräfte dar, wie es bei der Planung, Durchführung und Auswertung fachbezogenen Unterrichts eingesetzt wird (Bromme, 1997). Auch hier liegen empirische Erkenntnisse zur Entwicklung und dem Stand professionellen Wissens von Lehrkräften in den Bundesländern nur begrenzt vor (Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, 2003; Kunz, 2012).

Auf Seiten der Lernenden zeigen sich in den Naturwissenschaften Schwächen im naturwissenschaftlichen Denken und Argumentieren; auch eine An-

wendungsorientierung fachwissenschaftlicher Kenntnisse kommt im Allgemeinen zu kurz (Baumert et al., 2004; Mayer, 2004). Wie die Befunde der PISA Studie 2018 zeigen, werden die Kenntnisse und Fertigkeiten, die einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zugerechnet werden, in den nicht gymnasialen Bildungsgängen weitgehend bis zur Niveaustufe 2 erreicht. Im Vergleich mit neueren Untersuchungen im Rahmen des PISA Programms (Reiss, Weis, Klieme & Köller, 2018) zeigt sich, dass der Aufbau naturwissenschaftlicher Kompetenz, insbesondere jenseits des gymnasialen Bildungsgangs, weiterhin erheblicher Anstrengungen bedarf.

Zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht ist es daher von besonderer Bedeutung, das fachmethodische Wissen von Lehrkräften zu stärken, um ein Gegengewicht zu einem fragend-entwickelnden, weitgehend an der Fachsystematik orientierten Unterricht zu etablieren. Bislang werden bei der fachdidaktisch begründeten Anlage von Lernprozessen fächerübergreifende und anwendungsbezogene Ansätze zu wenig genutzt, um das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht und ein tiefergehendes Verständnis zu fördern (Mayer, 2004, 2007, 2013).

Der *Erwerb* von Kenntnissen und Fertigkeiten zum wissenschaftlichen Denken und der *Aufbau* eines Wissenschaftsverständnisses wird von den Lehrkräften im Hinblick auf deren Stellenwert im standardorientierten Biologieunterricht schwächer eingeschätzt und somit noch nicht umfassend berücksichtigt. Diese Befunde weisen darauf hin, dass von einem systematischen und kumulativen Aufbau von Kenntnissen und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung in der Qualifizierung von Lehrkräften ein wesentlicher Beitrag zu einer anschlussfähigen Lehrerbildung zu erwarten ist. Damit einher geht die Erwartung, dass die fachmethodischen Kenntnisse der Lehrenden auf einer höheren Niveaustufe präsentiert sind und umfassender bei der Anlage von Lehr- und Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht wirksam werden und somit eine naturwissenschaftliche Grundbildung weitreichender aufgebaut werden kann (Wolowski & Kunz, 2018).

2 Fragestellung

Bisher gibt es nur wenige Studien, die sich auf den Erwerb von fachmethodischen Kompetenzen zum wissenschaftlichen Denken während des Lehramtsstudiums im Fach Biologie beziehen (Hartmann et al., 2015; Lederman & Abell, 2014). Das vorliegende Forschungsprojekt an der Universität Siegen greift diesen Umstand auf, indem das fachmethodische Wissen in den Stan-

dards der Erkenntnisgewinnung in den Lehramtsstudiengängen im Fach Biologie untersucht wird. Zum einen wird der Frage nachgegangen, wie das wissenschaftliche Denken von Studierenden in der Einstiegsphase repräsentiert ist (F1). Zum anderen wird die Entwicklung von Kompetenzen zum wissenschaftlichen Denken im Verlauf der fachdidaktischen Qualifizierung studienbegleitend betrachtet (F2).

3 Design der Studie

Die Genese wissenschaftlichen Denkens bei Lehramtsstudierenden der Biologie wurde in einer Interventionsstudie im klassischen Pre-Post-Design mit anschließender Follow-up-Untersuchung geprüft (Hager, 2000) (Abb. 1). Die Untersuchung wurde mit drei Jahrgängen (WS 15/16, 16/17, 17/18) durchgeführt und erstreckte sich somit über einen Zeitraum von dreieinhalb Jahren. Insgesamt wurden in dieser Zeit 204 Studierende getestet. Für diesen Artikel wurden jedoch nur die Personen berücksichtigt, die tatsächlich an allen drei Testzeitpunkten getestet werden konnten. Der Stichprobenumfang reduziert sich damit auf 24 Studierende ($\varnothing = 67\%$, ein naturwissenschaftliches Fach im Lehramt = 66%). Als Testinstrument wurde zu allen Testzeitpunkten ein *Paper-Pencil-Test* mit 8 Items eingesetzt.

Die Intervention verlief im Umfang von einem Semester. Getestet wurde in der ersten Seminarsitzung (Pre-Erhebung) und in der letzten Seminarsitzung nach der Intervention (Post-Erhebung) im ersten Semester. Die Studierenden besuchten im zweiten Semester das Modul „Grundlagen der Didaktik und Medien der Biologie“. Hierbei beschäftigten sie sich in ersten Versuchen mit Lernzielformulierungen, der Konzeption von Arbeitsmaterialien und dem Einsatz von Medien. In dem sich daran anschließenden dritten Semester sind keine fachdidaktischen Modulelemente vorgesehen. Die Follow-Up-Erhebung wurde im vierten Bachelorsemester vorgenommen. Die Zeitspanne zwischen dem Post- und Follow-up-Test betrug somit circa ein Jahr.



Abbildung 1: Design der Interventionsstudie

4 Intervention: Forschendes Lernen als fachdidaktisches Konzept zur Weiterentwicklung wissenschaftlichen Denkens

Direkt zu Beginn der fachdidaktischen Qualifizierung (1. Bachelorsemester) im Fach Biologie an der Universität Siegen ist mit der Vorlesung „Grundlagen der Didaktik und Methodik des Biologieunterrichts“ und dem zugeordneten Seminar „Biologie und ihre fachgemäßen Arbeitsweisen“ eine grundständige Qualifizierung zum fachmethodischen Wissen in den Lehramtsstudiengängen vorgesehen. Bei diesem einsemestrigen Seminar handelt es sich um die kontrollierte Intervention, die Gegenstand der Untersuchung ist. Im Mittelpunkt dieses vier Semesterwochenstunden umfassenden Lehrangebots steht der Erwerb von Teilkompetenzen zum Kompetenzkonstrukt des wissenschaftlichen Denkens (Mayer, 2007). Studierende werden angeregt und aufgefordert, eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungen zu unterrichtsrelevanten Themen zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dies zeigen sie, indem sie (1) eine Untersuchung zu schulrelevanten Themen der Humanbiologie planen und durchführen, (2) eine Langzeituntersuchung mit lebenden Organismen konzipieren und umsetzen und (3) eine naturwissenschaftliche Untersuchungsme-

thode (Betrachten, Beobachten, Experimentieren, Mikroskopieren) zu einer im Biologieunterricht relevanten Themenstellung in einem unterrichtsbezogenen Setting im *Mikroteaching* anleiten. Sie erwerben Kenntnisse und Fertigkeiten des wissenschaftlichen Denkens, indem sie sich professionell und aktiv mit den Methoden und Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auseinandersetzen (Mayer, 2013; Wellnitz et al., 2017).

Zur Entwicklung der Kompetenzen zum fachmethodischen Wissen im Kompetenzkonstrukt des naturwissenschaftlichen Denkens eignet sich das fachdidaktische Konzept des Forschenden Lernens nach Mayer und Ziemek (2006). Hierbei helfen die Schritte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, Lehr-Lern-Prozesse in den Seminaren aufzubauen (Hof & Mayer, 2008). Die Elemente des Forschenden Lernens, a) Lernen in Kontexten, b) kooperative Lernformen, c) problemorientiertes Lernen und d) eigenständiges, offenes Lernen, unterstützen dabei die Entwicklung problemlösenden Denkens (Arnold, Kremer & Mayer, 2016; Gijbels, Dochy, van den Bossche & Segers, 2005; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Hof & Mayer, 2008; Mayer & Ziemek, 2006).

Die Studierenden eignen sich damit neue Lösungsstrategien und Routinen an, die eine strukturierte Bearbeitung naturwissenschaftlicher Problemstellungen im Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ermöglichen (Mayer, 2013).

5 Erhebungsinstrument und Datenanalyse

Die Konzeption des *Paper-Pencil-Tests* erfolgte hypothesengeleitet und bildete – angelehnt an den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Duschl & Grandy, 2008; Grube, 2010; Klahr & Dunbar, 1988; Wellnitz et al., 2017) – das wissenschaftliche Denken in vier Teilkompetenzen (Frage, Hypothese, Planung, Auswertung) ab. Zu jeder Teilkompetenz galt es, zwei offene Items (u. a. Grube, Möller & Mayer, 2007) zu bearbeiten. Die Antworten wurden niveaubezogen von zwei Ratern codiert (Niveaustufe 1–5) und ausgewertet (Möller, Grube, Hartmann & Mayer, 2009; Wolowski & Kunz, 2018). Um die zufallsbedingte Übereinstimmung zu berücksichtigen, wurde der gewichtete Koeffizient *Cohens Kappa* berechnet. Die entsprechenden Werte für die Übereinstimmung lagen (außer bei einem Item) über .62. Laut Landis und Koch (1977) handelt es sich damit um ein stabiles Maß an Übereinstimmung. Das so gebildete Testinstrument weist interne Konsistenzen von Cronbachs $\alpha = .45$ bis $.52$ auf.

6 Ergebnisse

Um die Entwicklungen von wissenschaftlichem Denken zu den Testzeitpunkten zu prüfen, wurden t-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt. Die Varianzanalysen zeigen, dass die Intervention bei den 24 längsschnittlich getesteten Studierenden dazu führte, dass sie ihre Kompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens signifikant verbessern konnten ($p \leq .001$; Abb. 2). Belegten die Studierenden vor der Intervention (T1) im Mittel die Niveaustufe 1.41 ($SD_{T1} = 0.26$), so war es im Posttest (T2) die Niveaustufe 2.05 ($SD_{T2} = 0.35$). Der Zuwachs an Kompetenzen im Bereich wissenschaftlichen Denkens vom Beginn der Intervention bis zu deren Ende (T1–T2) ist statistisch signifikant ($t = -8.96$; $p \leq .001$; $d = 1.80$). Wird die Entwicklung dieser Kompetenzen im Verlauf des Testzeitraums (T1–T3) betrachtet, so zeigt sich, dass das in der Intervention erreichte Niveau (T2) bis zur Follow-up-Erhebung (T3) zwar leicht rückläufig ist ($M_{T3} = 1.70$, $SD_{T3} = 0.47$, $\Delta_{T3 - T2} = -0.35$), aber dennoch das im Pretest (T1) festgestellte Niveau signifikant und mit einem großen Effekt übersteigt ($t = -3.46$; $p = .001$; $d = .71$).

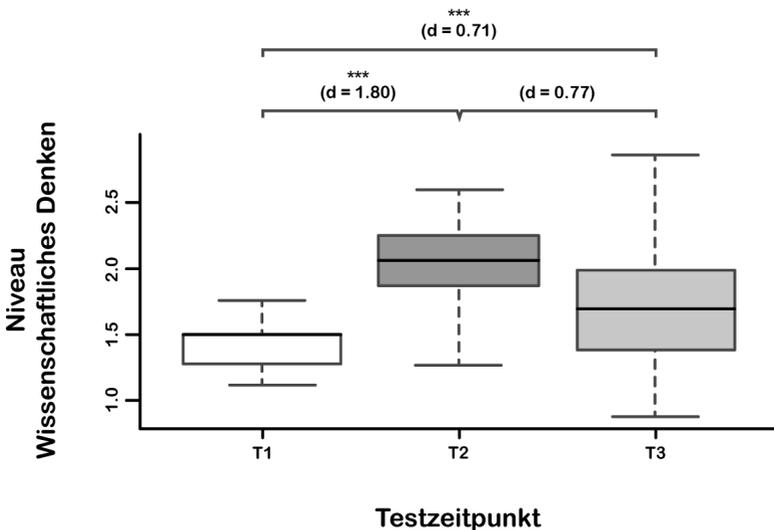


Abbildung 2: Entwicklung wissenschaftlichen Denkens. Gruppenmittelwerte von längsschnittlich getesteten Lehramtsstudierenden (***) $p \leq .001$, t-Test für verbundene Stichproben, $n = 24$).

7 Diskussion

Mit Blick auf die gestellten Forschungsfragen ist festzustellen, dass die Kompetenzen der Lehramtsstudierenden im Bereich wissenschaftlichen Denkens zu Beginn des Studiums (T1) auf einem niedrigen Niveau vorhanden sind. Das hier festgestellte Niveau gibt einen Einblick in die Ausprägung der im Verlauf der schulischen Qualifizierung erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten. Das vorliegende Ergebnis steht im Einklang mit Befunden aus der Lehr- und Lernforschung (Grube, 2010; Möller et al., 2009). Sowohl Lernende als auch Studierende pendeln zwischen Niveaustufe 1 und 2. Überraschend ist die Verteilung der Varianz zu Testzeitpunkt 1. Das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests und die optische Prüfung mittels Q-Q-Diagramm deuten auf eine weitestgehend Normalverteilung hin. Bislang liegen jedoch noch keine gesicherten Indizien vor, die in Zusammenhang zur vorliegenden Verteilung stehen.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 werden die folgenden Testzeitpunkte mit einbezogen. Im Verlauf der Intervention über ein Semester konnte zum Testzeitpunkt T2 im Mittel ein signifikanter Zuwachs um über eine halbe Niveaustufe erreicht werden. Die wissenschaftsmethodischen Kompetenzen wurden in der fachdidaktischen Qualifizierung durch die Intervention gezielt aufgebaut. Die Struktur der Intervention ist wirksam – sie unterstützt den Erwerb von wissenschaftlichem Denken. Verglichen mit Befunden aus der fachdidaktischen Forschung bei Lehrenden (Kunz, 2012) zeigt sich, dass die gezielt ausgerichtete Intervention bei Studierenden zwar in einem ähnlichen Umfang wirksam ist (Wolowski & Kunz, 2018). Jedoch scheint diese Wirksamkeit im Vergleich zur Qualifizierung von Lehrkräften etwas schwächer zu sein. Die Ursache hierfür könnte im geringeren Umfang und in der kürzeren Dauer der Intervention liegen. Die Lehrkräfte wurden in einem Zeitraum von eineinhalb Jahren systematisch zum fachmethodischen Wissen qualifiziert. Dieser Unterschied deutet darauf hin, dass für den Erwerb von Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens eine explizite und kontinuierliche Qualifizierung zielführend ist, deren Wirksamkeit durch eine Ausweitung über den Rahmen der Intervention bei Studierenden (4 SWS, 1 Semester) gesteigert werden kann. Des Weiteren könnte das durch den höheren Abschluss (zweites Staatsexamen) umfassender vorhandene Professionswissen der Lehrkräfte einen vermeintlich positiven Einfluss auf den Erwerb fachmethodischer Kompetenzen zum wissenschaftlichen Denken und dessen Ausprägung haben. Dieser mögliche Zusammenhang erfordert noch eine weitergehende Prüfung.

Wird das Follow-up-Testergebnis (T3) mit in die Betrachtung einbezogen, so wird deutlich, dass die Intervention auch im weiteren Studienverlauf wirksam ist. Grundsätzlich scheinen die Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens

bei einer nicht explizit ausgerichteten fachdidaktischen Qualifizierung, wie sie die Studierenden nach der Intervention absolvierten, stabilisiert zu werden, wenngleich das Niveau im Mittel leicht rückläufig ist. Auffallend sind die Änderungen in der Streuung zum Zeitpunkt des Follow-Up-Tests, wie die asymmetrischen Verschiebungen im oberen Leistungsbereich (25 % der Studierenden liegen über dem Median von 1.69) zeigen. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass gerade die stärkeren Studierenden von einer kontinuierlichen und kumulativen Anlage einer fachmethodischen Qualifizierung zum wissenschaftlichen Denken stärker profitieren.

Abschließend kann festgestellt werden, dass eine kontinuierliche und systematische Qualifizierung zum fachmethodischen Wissen die Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens bei angehenden Lehrkräften aufbauen und erweitern kann. Die erworbenen Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens schaffen eine wesentliche Voraussetzung, standardbezogenen Unterricht im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung konzipieren zu können (Kremer, Möller, Arnold & Mayer, 2019; Wolowski & Kunz, 2018). Wie die vorliegenden Ergebnisse zudem zeigen, sollten die Anstrengungen in der fachdidaktischen Lehramtsausbildung weiterhin darauf ausgerichtet sein, die Kompetenzen im Bereich wissenschaftlichen Denkens explizit und kumulativ im Verlauf der Qualifizierung von angehenden Lehrenden aufzubauen.

Literatur

- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell & N.G. Ledermann (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Schüler als Forscher – Experimentieren kompetenzorientiert unterrichten und beurteilen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(2), 83–91.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2016). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Arnold, K.-H. (2007). Standards für das Lehren und Lernen des Lehrens: Begründung, Operationalisierung und Evaluation von Standards für die Lehrerbildung. In K. Möller, C. Beinbrech, P. Hanke & A. Hein (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht* (S. 67–82). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Aufschnaiter, C. v. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen – Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(1), 10–16.
- 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>

- Baumert, J., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S., Blum, W. & Neubrand, M. (2004). Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und Schüler und ihrer Lehrkräfte. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand et al. (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 314–354). Münster: Waxmann.
- Blömeke, S. (2003). *Lehrerbildung – Lehrerhandeln – Schülerleistungen, Perspektiven nationaler und internationaler empirischer Bildungsforschung, Antrittsvorlesung*. Berlin: Humboldt Universität Berlin.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. In H. Timperley (Hrsg.), *Lernen und professionelle Entwicklung von Lehrkräften* (S. 1–33). Münster: Waxmann.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln der Lehrer. In Weinert, F.E. (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie* (Bd. 3, S. 177–212). Göttingen: Hogrefe.
- Bromme, R. (2008). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln der Lehrer. In B. Rendtorff & S. Burkhart (Hrsg.), *Schule, Jugend und Gesellschaft, ein Studienbuch zur Pädagogik der Sekundarstufe* (S. 244–256). Stuttgart: Kohlhammer.
- Cochran-Smith, M. & Fries, M.K. (2005). Sticks, stones and ideology: The Discourse of reform in teacher education. *Educational Researcher*, 30(8), 3–15. <https://doi.org/10.3102/0013189X034007003>
- Dübbelde, G. (2013). *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung*. Dissertation: Universität Kassel.
- Duschl, R.A. & Grandy, R. (2008). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22, 2109–2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Gijbels, D., Dochy, F., van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis from the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>
- Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T. & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 291–318. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9423-6>
- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation: Universität Kassel.
- Grube, C., Möller, A. & Mayer, J. (2007). Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren. In H. Bayrhuber & U. Harms (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften* (S. 31–34). Kassel: Universitätsdruckerei Kassel.
- Hager, W. (2000). Wirksamkeits- und Wirksamkeitsunterschiedshypothesen, Evaluationsparadigmen, Vergleichsgruppen und Kontrollgruppen. In W. Hager, J.-L. Patry & H. Brezing (Hrsg.), *Evaluation psychologischer Interventionsmaß-*

- nahmen. *Standards und Kriterien: Ein Handbuch* (S. 180–201). Bern: Verlag Hans Huber.
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in science education*, 27(3), 323–337. <https://doi.org/10.1007/BF02461757>
- Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Krüger, D. & Upmeyer zu Belzen, A. (2015). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WaDiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried & E. Wuttke (Hrsg.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 39–58). Bad Heilbronn: Klinkhardt.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze, Velber: Kallmeyer/Klettverlag.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hof, S. & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7* (S. 69–84). Hannover.
- Jüttner, M., Spangler, M. & Neuhaus, B. (2009). Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Bereichen des Professionswissens von Biologielehrkräften. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 8* (S. 69–82). Hannover.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1
- KMK. (2004). *Lehrerbildung in Deutschland – Standards und inhaltliche Anforderungen*. Abgerufen am 16.12.2020 von: https://www.fu-berlin.de/sites/bologna/dokumente_zur_bologna-reform/KMK_Standards.pdf.
- KMK. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. Hürth: Wolters Kluwer.
- KMK. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Hürth: Wolters Kluwer.
- KMK. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. Hürth: Wolters Kluwer.
- KMK. (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Abgerufen am 14.11.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- KMK (2019b) *Sachstand Lehrerbildung*. Abgerufen am 14.11.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/AllgBildung/2019-11-05-Sachstand_LB-veroeff.pdf
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.),

- Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113–128). Berlin: Springer Spektrum.
- Kunz, H. (2012). *Professionswissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Dissertation: Universität Kassel.
- 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>
- Lederman, N.G. & Abell, S.K. (2014). *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft*, 52(51), 44–70.
- Mayer, J. (2004). Qualitätsentwicklung im Biologieunterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(2), 92–99.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der Biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J. (2013). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56–61). Halberghaus: Aulis Verlag.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren – Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Möller, A., Grube, C., Hartmann, S. & Mayer, J. (2009). *Increase of inquiry competence: a longitudinal large-scale assessment of students performance from grade 5 to 10*. Abstract auf der internationalen Tagung National Association for Research in Science Teaching (NARST) (S. 1–7). Philadelphia.
- Möller, A., Grube, C. & Mayer, J. (2007). Kompetenzniveaus der Erkenntnisgewinnung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. In H. Bayrhuber, H. Vogt, A. Sandmann, U. Harms & D. Krüger (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Tagungsband VBio* (S. 55–58). Kassel: Universitätsdruckerei Kassel.
- OECD. (2007). *PISA 2006. Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. <https://doi.org/10.1787/19963777>
- OECD. (2014). *PISA 2012 Ergebnisse: Was Schülerinnen und Schüler wissen und können*. München: Bertelsmann.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizzen einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Crombe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 70–83). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Oser, F. (1997a). Standards in der Lehrerbildung Teil 1. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 15(1), 26–37.
- Oser, F. (1997b). Standards in der Lehrerbildung Teil 2. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 15(2), 210–228.
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (2018). *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991007>

- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L.S. & Sherin, M.G. (2004). Fostering communities of teachers as learners: disciplinary perspectives. *Journal of Curriculum Studies*, 36(2), 135–140. <https://doi.org/10.1080/0022027032000135049>
- Stanat, P., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M. et al. (2002). *PISA 2000: Die Studie im Überblick. Grundlagen, Methoden und Ergebnisse*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Wellnitz, N., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung des Kompetenzbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20, 556–584. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0721-3>
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2012). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & F.X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Standortbestimmung und Perspektiven, Tagung VBIO 2011* (Bd. 5, S. 63–79). Innsbruck: Studienverlag.
- Wenner, G. (1995). Science knowledge and efficacy beliefs among preservice elementary teachers: a follow-up study. *Journal of science education and technology*, 4(4), 307–315. <https://doi.org/10.1007/BF02211262>
- Wimmer, M. (1996). Zerfall des Allgemeinen – Wiederkehr des Singulären. Pädagogische Professionalität und der Wert des Wissens. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 404–447). Frankfurt: Academia Verlag.
- Wolowski, J. & Kunz, H. (2018). Die Entwicklung des fachmethodischen Wissens in der fachdidaktischen Qualifizierung von Lehramtsstudierenden. Teilstudie I. In D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer, J. Zabel, K. Schlüter et al. (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 17* (S. 95–108).

Kathrin Ziepprecht & Monique Meier

Umsetzung und Weiterentwicklung von Modellen zur curricularen Vernetzung in hochschuldidaktischen Lernumgebungen in PRONET und PRONET²

Die Systematisierung von Dingen und die Suche nach der darin enthaltenen Logik haben wir als typisch für die Arbeitsweise von Jürgen Mayer erlebt. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass er auch im Projekt PRONET den Impuls dazu gegeben hat, die Vernetzungsansätze der verschiedenen Teilprojekte zu sichten, gegeneinander abzugrenzen und in Form von Modellen zu beschreiben. Die von uns in der Handlungsfeldleitung und -koordination entwickelten Vernetzungsmodelle haben im Projektverlauf eine wichtige Rolle gespielt. Sie waren beispielsweise eines von mehreren Leitmotiven für die teilprojektübergreifende Publikation, die von uns gemeinsam mit Jürgen Mayer herausgegeben wurde. Die Vernetzungsmodelle hatten aber auch selbst eine vernetzende Wirkung. Sie stellten einen Einstieg in den hochschulübergreifenden Austausch mit anderen an der Qualitätsoffensive beteiligten Projekten dar, der in der Entwicklung und Veröffentlichung eines übergreifenden Modells mündete. In der Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer im Rahmen von PRONET, in regelmäßigen „PRONET-intern-Sitzungen“ und in unseren fachgebietsinternen „PRONET-AGs“ haben wir über die systematische Herangehensweise hinaus noch viele andere Dinge in den Blick genommen. Dabei wurde von Jürgen Mayer auch immer wieder die Suche nach gemeinsamen theoretischen und konzeptionellen Grundlagen für die Zusammenarbeit und nach innovativen Möglichkeiten für den Austausch zwischen allen Projektbeteiligten angeregt. Diese kooperativen und konstruktiven Forschungs- und Kommunikationsstrukturen werden auch zukünftig unseren wissenschaftlichen Weg begleiten, sodass der Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer auch in der Zukunft eine besondere Bedeutung zukommt.

Das Lehramtsstudium ist mit seinen mehr als 40 verschiedenen Studiengängen/Fächern ein „wichtiges Standbein der Universität Kassel“ (Universität Kassel, 2020, S. 9), was sich auch daran zeigt, dass die Lehramtsstudierenden rund ein Fünftel der Gesamtstudierendenschaft ausmachen (Universität Kassel, 2020). Die Stärkung einer praxisnahen, qualitativ hochwertigen Lehrerausbildung der 1. Phase durch die Vernetzung von Inhalten aus den Bildungs- und Fachwissenschaften sowie den Fachdidaktiken in horizontaler (innerhalb einer Ausbildungsphase) und vertikaler Richtung (über die Phasen der Lehrerausbildung hinweg) ist das Ziel der Kasseler Qualitätsoffensive-Projekte PRONET (Professionalisierung durch Vernetzung) und PRONET² (Professionalisierung durch Vernetzung – Fortführung und Potenzierung). In Teilprojekten, die in

den unterschiedlichen lehrerbildenden (Fach-)Bereichen und Disziplinen angesiedelt sind, wird das Ziel verfolgt, durch intrainstitutionelle Vernetzung der dort fokussierten Professionsbereiche Synergien auf- und Dissonanzen abzubauen (Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018). In drei Handlungsfeldern widmeten sich in PRONET 33 Projektbeteiligte aus 19 Fachdisziplinen unter dem *Leitbild der Vernetzung* der Kooperation zwischen dem bildungs- und gesellschaftswissenschaftlichen Kernstudium, den Fachdidaktiken und den Fachwissenschaften (Bosse & Lipowsky, 2017), wobei die Verstetigung stets von Anfang an mitgedacht und als Gedanke auch in PRONET² hineingetragen wurde. Die Fortführung und Potenzierung in PRONET² geht mit einer Erweiterung und Anpassung der drei Handlungsfelder einher. Im Handlungsfeld I *Reflexive Praxisstudien* steht die wissenschaftsbasierte Reflexion schulpraktischer Erfahrungen im Fokus. Ziel des Handlungsfelds II *Diversität und Inklusion* ist es, das entsprechende Lehrangebot zu diesen Lehr- und Handlungsbereichen im Kontext Schule weiter auszubauen. Während Vernetzung in diesen Handlungsfeldern als ein (ergänzendes) Werkzeug in der inhaltlichen Arbeit genutzt wird, stellt die *Vernetzung von Professionsbereichen* in Handlungsfeld III einen expliziten Schwerpunkt dar. In diesem Handlungsfeld wurden drei Maßnahmen definiert und, mit spezifischen Zielsetzungen verbunden, konkretisiert. Mithilfe der Maßnahme *Kohärente Lehrerbildung durch Vernetzung von und in Lernumgebungen* soll die Professionsentwicklung über die Phasen der Lehrerbildung hinweg durch die Vernetzung der Studienelemente Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft gefördert werden. Erreicht werden sollen hierdurch eine höhere Studienmotivation sowie ein gesteigerter Lernerfolg und eine intensivere Nutzung der sich bietenden Lerngelegenheiten. Teilprojekte, die die *Professionsentwicklung in trans- und interdisziplinären Themenbereichen* wie z. B. Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) oder digitale Medien vorantreiben wollen, sind darauf ausgerichtet, die Studierenden für die fächerübergreifenden Handlungsfelder des Lehrerberufs vorzubereiten. Beim *Erwerb professioneller Handlungskompetenz in praxisnahen Lehr-Lern-Situationen* stehen die Studienwerkstätten im Fokus, die zu Lehr-Lern-Laboren weiterentwickelt werden sollen. Dort sollen Studierende und Lehrkräfte Schülerinnen und Schüler instruieren, ihren Kompetenzerwerb fördern, sie beobachten und Lernstände diagnostizieren.

Der vorliegende Artikel beschreibt die konzeptionell-theoretische Arbeit im Bereich Vernetzung über die Entwicklung von Vernetzungsmodellen und deren hochschulübergreifenden Diskurs. Zudem wird ein ausgewählter spezifischer Blick auf die Umsetzung eines der Vernetzungsmodelle in einer hochschuldidaktischen Lernumgebung sowie auf eine daran angebundene Begleitstudie geworfen.

1 Systematisierung von Vernetzungsansätzen durch Modelle

Zu Beginn der ersten Förderphase lag der Fokus der Teilprojekte im Handlungsfeld III auf der Entwicklung von vernetzten Lernumgebungen. Diese wurden im Rahmen von verschiedenen Projekttreffen präsentiert und diskutiert, um Synergien zu generieren und eine Zusammenarbeit zwischen den Teilprojekten anzubahnen. Hierdurch wurde deutlich, dass diese die Vernetzung der drei Studienelemente unterschiedlich umsetzten und dabei verschiedene Zielsetzungen verfolgen. Um die Vernetzungsansätze systematisch zu beschreiben, sie gleichzeitig auszuschärfen und einer Untersuchung zugänglich zu machen, wurden in der Folge Vernetzungsmodelle beschrieben.

1.1 Beschreibung und Zielsetzungen der Vernetzungsmodelle

Je nach umgesetzten Vernetzungsmodell werden in einer Lernumgebung spezifische Zielsetzungen verfolgt. In Tabelle 1 sind diese zusätzlich zur Modellbeschreibung aufgeführt.

Tabelle 1: Vernetzungsmodelle und Zielsetzungen (Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018)

Name	Beschreibung	Zielsetzung
Integrationsmodell	In einer Lernumgebung zu einem Professionswissensbereich wird Wissen aus einem anderen Professionsbereich aufgegriffen und systematisch integriert.	<i>Synergetische Lernwirkung und kohärentes Wissen durch die Integration von Wissensbereichen</i>
Kooperationsmodell	Lernumgebungen zu mindestens zwei Professionswissensbereichen werden inhaltlich durch Kooperation der Lehrpersonen miteinander vernetzt, z. B. indem diese die Inhalte systematisch aufeinander abstimmen.	<i>Bessere Anwendbarkeit von Wissen durch den stärkeren Professionsbezug</i>
Teamteaching-Modell	Die Lernumgebung wird teilweise oder ganz durch zwei Lehrende aus zwei Professionswissensbereichen im Teamteaching durchgeführt.	<i>Stärkung der fächerübergreifenden Kompetenzen durch die Vernetzung verschiedener Perspektiven</i>
Tandem-/Brückenmodell	Lernumgebungen zu mindestens zwei Professionswissensbereichen werden in einem Modul, d. h. mit gemeinsamen Kompetenzzielen und gemeinsamer Modulprüfung kombiniert.	
Transdisziplinäres Modell	Gleiche oder unterschiedliche Professionswissensbereiche werden durch die Thematisierung eines transdisziplinären Professionsaspekts über verschiedene Fächer miteinander vernetzt.	

Name	Beschreibung	Zielsetzung
Praxismodell	Mehrere Professionsbereiche werden in eine schulpraktisch orientierte Lehr-Lern-Situation wie beispielsweise in die Arbeit in den Studienwerkstätten oder Lehr-Lern-Laboren oder die Unterrichtstätigkeit im Rahmen der schulpraktischen Studien eingebunden.	Verringerung der Diskontinuität von Schule, Universität und Berufspraxis durch den systematischen Einbezug von Praxissituationen
Kumulatives Modell	In diesem Modell werden mehrere aufeinander aufbauende Aspekte eines Professionswissensbereichs in nacheinander geschalteten Lernumgebungen systematisch und kumulativ miteinander vernetzt werden. Das Modell schließt auch die Vernetzung über die Universität, die 2. Phase sowie Fortbildungen mit ein.	Erzeugung von vertieftem Wissen durch den kumulativen Wissensaufbau über die Phasen hinweg

Anhand der beschriebenen Zielsetzungen wird deutlich, dass sich das *Transdisziplinäre Modell*, das *Praxismodell* und das *Kumulative Modell* in ihrer Ausrichtung von den anderen Modellen unterscheiden. Den vier übrigen Modellen liegt eine gleiche Zielausrichtung zugrunde, wobei sich auch Unterschiede z. B. im Ausmaß der Kooperation zwischen Kolleginnen und Kollegen verschiedener Disziplinen beschreiben lassen. Während beim *Integrationsmodell* in vielen Fällen fachliche Aspekte von einer Dozentin oder einem Dozenten einer fachdidaktischen Veranstaltung mit vermittelt werden oder an spezifischen Punkten (Fach-)Expertinnen und (Fach-)Experten eingebunden werden, erfordern das *Kooperationsmodell* und das *Teamteaching-Modell* eine kontinuierliche interpersonelle Zusammenarbeit über die gesamte Lehrveranstaltungsdauer. Das *Tandem-/Brückenmodell* unterscheidet sich von den ersten drei genannten Modellen durch seine dauerhafte Verstetigung in der Modulprüfungsordnung.

1.2 Umsetzung der Vernetzungsmodelle in PRONET

Mithilfe der Modelle konnte im PRONET-Gesamtprojekt untersucht werden, in welcher Art und Weise und mit welchem Ziel die Vernetzung schwerpunktmäßig stattfindet und welche Potenziale bisher zu wenig ausgeschöpft werden. Die auf diesem Weg generierten Daten sind auf der einen Seite wichtig für die projektbeteiligten Akteurinnen und Akteure. Auf der anderen Seite bieten sie, ebenso wie die Modelle, selbst auch einen Anknüpfungspunkt für den Austausch mit anderen Qualitätsoffensive-Projekten.

Um Erkenntnisse über die Umsetzung der Vernetzungsmodelle zu gewinnen, wurden die Lehrenden im Rahmen der Beschäftigtenbefragung im letz-

ten Drittel der ersten Förderphase gebeten, anzugeben, ob sie eine vernetzte Lernumgebung durchführen. Wenn sie dies bejahten, wurden sie gebeten, diese einem Vernetzungsmodell (Tab. 1) zuzuordnen. In dem hier untersuchten Zeitraum (SoSe 2017) wurden 31 Lernumgebungen umgesetzt, von denen von den Lehrenden ungefähr die Hälfte einem Vernetzungsmodell ($N = 61$) zugeordnet wurden. Platz 1 belegte das *Integrationsmodell*, gefolgt vom *Kooperationsmodell* und vom *Teamenteaching-Modell*. Deutlich seltener wurden das *Transdisziplinäre Modell* und das *Praxismodell* als Grundlage für die Konzeption einer Lehrveranstaltung genutzt (Ziepprecht & Gimbel, 2018). Der Befund aus der Mitte der ersten Projektphase, dass häufig das *Integrationsmodell* genutzt wurde, kann unter anderem vor dem Hintergrund diskutiert werden, dass in vielen Fällen Lehrende zu diesem Zeitpunkt noch auf die Mitvermittlung anderer Professionsbereiche setzten. Ein Vergleich mit Daten aus der aktuellen Projektphase würde interessante Hinweise darauf geben, inwiefern ein Ausbau von Kooperationen stattgefunden hat.

1.3 Einbettung und Weiterentwicklung der Vernetzungsmodelle im hochschulübergreifenden Diskurs

Die Vernetzungsmodelle wurden im Rahmen einer standortübergreifenden Arbeitsgruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus verschiedenen Projekten der Qualitätsoffensive Lehrerbildung diskutiert. In einem gemeinsamen Beitrag (Hellmann et al., angenommen) wurden die Konzepte „Kohärenz als übergeordnetes Leitmotiv“, „Verzahnung auf Seiten der Lernumgebungen“ und „Vernetzung auf der kognitiven Ebene“ ausdifferenziert. Die Kasseler Vernetzungsmodelle wurden in den Bereich der Verzahnung eingeordnet, sodass die Begriffsnutzung hier vom ursprünglichen Ansatz abweicht. Das entwickelte Angebots-Nutzungs-Modell der Kohärenzbildung (Hellmann et al., angenommen) beschreibt diese als einen Prozess, in dem Hochschullehrende ein curricular verzahntes Angebot anbieten (z. B. ein Seminar zur Anregung von Vernetzung von Wissen aus Fachdidaktik und Fachwissenschaft), das durch ihre Einstellungen, Kompetenzen und Vorerfahrungen beeinflusst ist. Diese verzahnte Lernumgebung bietet den Studierenden die Möglichkeit zur Vernetzung von Wissen aus unterschiedlichen Professionswissensbereichen. Wird diese Möglichkeit zur Wissensvernetzung von den Studierenden wahrgenommen, und als sinnhaft und relevant für Studium und Berufspraxis interpretiert, wird sie mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit genutzt. Die Nutzung schließt eine aktive Wissensverarbeitung und Elaboration sowie eine Reflexion der Inhalte ein. Positive Wirkungen der Verzahnung und anschlie-

ßenden Wissensvernetzung zeigen sich möglicherweise in veränderten Einstellungen der Studierenden (z. B. hinsichtlich bestimmter fachwissenschaftlicher Veranstaltungen), einer erhöhten Studienmotivation, einem vernetzten Professionswissen oder, auf lange Sicht, in einer erhöhten professionellen Handlungskompetenz. Die Resultate dieses Prozesses werden von den Eingangsvoraussetzungen der Studierenden (z. B. Erwartungen hinsichtlich des Studiums, Vorwissen) und dem Professionalisierungskontext (z. B. institutionelle Rahmenbedingungen, personelle Ausstattung der Hochschule) beeinflusst. Das Modell beschreibt einen möglichen Weg der Kohärenzbildung, benennt Einflussfaktoren und Wirkketten und kann sowohl eine Grundlage für die Gestaltung einer kohärenten Lehrerbildung im Ganzen als auch für die empirische Prüfung von Zusammenhängen sein.

2 Umsetzung und Weiterentwicklung des Integrationsmodells im Teilprojekt „Weiterentwicklung der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX) als integratives Lehr-Lernlabor in der Lehramtsausbildung zur Verbesserung der Praxis- und Forschungsorientierung des Lehramtsstudiums“

Die konkreten Wege der methodischen und personellen Umsetzung der Vernetzung im Sinne eines der angeführten Modelle (Tab. 1) in hochschuldidaktischen Lernumgebungen sehen zuweilen sehr unterschiedlich aus (Lehrbeispiele in Meier, Ziepprecht & Mayer, 2018; s. Beitrag von Gimbel, Grospietsch & Ziepprecht in diesem Band). Bedingt durch die Merkmale des jeweiligen Modells und den gewählten inhaltlichen Schwerpunkt rücken Fach, Fachdidaktik oder Bildungswissenschaft sowie externe Kooperationen mehr oder weniger stark in den Vordergrund des Lehr-Lerngeschehens. Im Folgenden wird das Integrationsmodell am Beispiel einer konkreten Lernumgebung mit Fokus auf den Ergebnissen einer dort verorteten Studie vorgestellt und seine Weiterentwicklung in der zweiten Projektphase skizziert.

2.1 Die Umsetzung und Einbettung des Integrationsmodells

Inhaltstragendes Element der hier beschriebenen Lernumgebung zur Integration von Fach- und Bildungswissenschaft in eine fachdidaktische Lehrveranstaltung ist die Förderung und Festigung von Diagnosekompetenz. Die Bedeutung des diagnosegeprägten Aufgabengebiets im Lehrerberuf wird durch die gesetzten Standards für die Lehrerbildung – Bildungswissenschaft und An-

forderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken (KMK, 2019a, b) untermauert. In beiden Dokumenten und damit in allen drei Wissensbereichen der professionellen Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006) wird Diagnostik als inhaltlicher Schwerpunkt (der Bildungswissenschaft) und Element eines (fachspezifischen) Kompetenzprofils angeführt (KMK, 2019a, b). Die zu diesem Zweck gestaltete Lernumgebung wurde durch die Integration des Lehr-Lern-Labors FLOX entscheidend geprägt. In beiden Förderzeiträumen von PRONET und PRONET² unterlag die Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX) einer Weiterentwicklung von der ursprünglichen Ausrichtung eines Schülerlabors hin zu einem curricular eingebundenen Lehr-Lern-Labor. Konzeptionell richtet sich das Angebot von FLOX an drei in der Lehrerbildung beteiligten Institutionen und ihre Akteurinnen und Akteure (Meier & Wulff, 2013). In der Hochschule ist FLOX integrativer Teil von Lehrveranstaltungen und Forschungsprojekten, deren Ergebnisse dann wiederum in die Lehramtsausbildung einfließen. Letzteres wurde im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung maßgeblich vorangetrieben mit einem besonderen Schwerpunkt auf der Förderung von Diagnosekompetenz im naturwissenschaftlichen Experimentalunterricht.

Mit dem Ziel der Förderung eines fach-/diagnosebezogenen Professionswissens zum Experimentieren wurde auf Basis der curricularen Anforderungen eine vernetzte Lernumgebung „Experimentieren diagnostizieren“ entwickelt und empirisch geprüft. Integriert in eine fachdidaktische (Pflicht-) Lehrveranstaltung wurden pädagogisch-psychologische Inhalte zur Diagnostik, wie die Objektivität diagnostischer Urteile (u. a. Spinath, 2005), zunächst allgemeinpädagogisch erläutert und im zweiten Schritt fachspezifisch angewendet. In dieser Anwendung wurde das fachmethodische Wissen zum Experimentieren in der Diagnose von Schülerhürden beim Experimentieren (in FLOX-Modulen) fachdidaktisch zusammengeführt (nähere Ausführungen zur Lernumgebung finden sich in Meier, Grospietsch & Mayer, 2018). Das von den Studierenden im ersten Abschnitt zur Lernumgebung erworbene diagnostische Wissen und eine aufgebaute Experimentierkompetenz wurden anschließend angewendet, zum einen in Diagnoseübungen mit Vignetten mit realen Schülerszenarien zu einem FLOX-angebundenen Experimentiermodul sowie zum anderen im Zuge einer realen Hospitation und Mitbetreuung von Kleingruppen von Schülerinnen und Schülern in einem FLOX-Modul. Mit der expliziten Einbindung der Experimentier-Werkstatt Biologie in das Projektvorhaben wird das Lehr-Lern-Laboren zugesprochene Potenzial zur Ausrichtung einer praxisorientierten und anwendungsbezogenen Lehramtsausbildung methodisch unterschiedlich genutzt bzw. umgesetzt (Bosse, Meier, Trefzger & Zieprecht, 2020).

2.2 Empirische Untersuchung zur vernetzten Lernumgebung „Experimentieren diagnostizieren“

Der Fokus der Begleitforschung lag auf dem Inhalts- und Wissensbereich Diagnostik in der fachspezifischen Lehramtsausbildung. In diesem Zusammenhang wurde u. a. die Sichtweise der Studierenden sowie die Wirkung von verschiedenen Ansätzen zur Förderung der Diagnosekompetenz in den Blick genommen. Folgende Forschungsfragen waren hierbei leitend¹:

- (F1) Welchen Stellenwert messen die Studierenden der Diagnosekompetenz bei?
- (F2) Wie beurteilen die Studierenden den Wert verschiedener Ansätze (reale Hospitation, Video, Vignetten) zur Förderung der Diagnosekompetenz für ihre eigene berufliche Ausbildung sowie deren Authentizität?
- (F3) Inwiefern gelingt die Förderung von Kompetenzen im Bereich der fachbezogenen Statusdiagnostik mithilfe von verschiedenen Vignettenformaten (Text, Cartoon, Video)?

(F1) Zum Stellenwert der Diagnostik wurden die Studierende in der Eingangsbefragung gebeten, auf einer Likert-Skala von 1 (niedrig) bis 5 (sehr hoch) diesen, bezogen auf ihr Lehramtsstudium, einzuschätzen und eine Begründung dazu anzuführen (offenes Antwortformat). Die Ergebnisse zeigen, dass der Stellenwert der Diagnostik im Lehramtsstudium durch die Studierenden vom Projektbeginn bis in die zweite Förderphase mehrheitlich als hoch eingestuft wird (69 % von $n = 88$ über drei Semesterkohorten: WS 16/17, SoSe 17, WS 17/18; 58 % von $n = 55$ im SoSe 2020). In den Begründungen der Studierenden, die bei dieser Eingangsfrage zur Lehrveranstaltung keine Positionierung vornehmen wollten (Antwortkategorie: Kann ich nicht beurteilen) oder die der Diagnostik einen niedrigen Stellenwert beimaßen, wurde vornehmlich die fehlende Erfahrung und die geringe Thematisierung im Studium angeführt („*Kam mit dem Thema so selten in Kontakt, dass ich darüber kaum urteilen kann.*“ Studentin im 3. FS im WS 17/18; „*Das Thema wird in Veranstaltungen meistens nicht sehr ausführlich angesprochen, [...].*“ Studentin im 6. FS im SoSe 2020). Das Thema ist insbesondere für das Fach fortwährend aktuell, auch weil die eigene Kompetenz im Bereich Diagnostik zumeist als niedrig eingeschätzt wird (Dübbelde, 2013). Inwieweit sich hier eine positive Ent-

1 Die Zusammensetzung der Stichprobe aus PRONET ($N = 98$ Lehramtsstudierende, 82 % weiblich, 33 % Lehramt an Real- und Hauptschulen, 67 % Lehramt an Gymnasien) variiert je nach Forschungsfrage, sodass die entsprechenden Angaben bei den Ergebnissen angeführt sind.

wicklung über die vernetzte Lernumgebung zeigt, bedarf weiterer Analysen in der 2. Förderphase.

(F2) In der Lernumgebung wurden unterschiedliche methodische und mediale Zugänge zur Förderung der Diagnosekompetenz umgesetzt (Meier, Grospietsch & Mayer, 2018). Zentral für die hier beschriebene Untersuchung waren der Einsatz von Vignetten, die Ausschnitte der Praxis zeigen, sowie die Einbindung realer Schulklassen in der Durchführung eines Experimentiermoduls. In der Abschlussbefragung zur Lernumgebung wurden von den Studierenden diese konzeptionellen Elemente bezogen auf ihre Authentizität und Lernförderlichkeit mit insgesamt sieben Items auf einer 5-stufigen Likert-Skala vergleichend beurteilt. Im Vergleich von realer Hospitation und Videos als Diagnosevignetten schneidet das reale Unterrichtssetting in FLOX bei 79% der Studierenden, bezogen auf die Erweiterung ihrer diagnostischen Fähigkeiten, besser ab (1 Item, $n = 34$ im SoSe 2017, WS 2017/18). Ähnlich wie in anderen Studien mit Praxis-Vignetten-Vergleich, nehmen die Studierenden einen deutlichen Mehrwert der realen Arbeit mit Schülerinnen und Schülern für ihre berufliche Ausbildung wahr (u. a. Ihn-Huber & Oldenburg, 2017). Insbesondere das Sammeln von Praxiserfahrungen, die Beobachtung mehrerer Gruppen und das Erleben der Klassen-Atmosphäre werden hier als Begründungen (offenes Antwortformat) angeführt. Daneben wird von den Studierenden aber auch das Potenzial von Videos als Lerninstrument erkannt bzw. angemerkt, da sie punktuell zum Einstieg, zur Analyse ausgewählter Prozesse und zur Vorbereitung auf den Klassenbesuch eingesetzt werden können. Auch Videovignetten-basierten Veranstaltungsformen wird damit ein positiver Wert zugesprochen (Ihn-Huber & Oldenburg, 2017), der sich auch empirisch in der Möglichkeit zur Fokussierung auf die Diagnostizität zeigt (Meister, Nitz, Schwanewedel & Upmeier zu Belzen, 2020).

Der Einsatz von Vignetten als authentischem, fokussiertem und ökonomischem Zugang zum schulpraktischen Feld bildet ein weiteres methodisches Werkzeug zur Vernetzung aller drei Professionswissensbereiche über das verbindende Element der Diagnostik in der Lernumgebung. Dargestellt in unterschiedlichen Formaten (Video, Cartoon und Text/Transkript) wurden Teams von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren von den Studierenden in ihren Fähigkeiten und Schwächen diagnostiziert und beurteilt. In diesen Diagnoseübungen arbeiteten die Studierenden in den Phasen Hypothesenformulierung, Planung und Deutung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit den Vignetten nacheinander mit je einem Format. Die Einschätzung der Authentizität/Realitätsnähe und Relevanz im Vergleich der unterschiedlichen Formate ist sehr eindeutig und hebt das Video aus Sicht der Studieren-

den auf Platz eins (Dannemann et al., 2018; Bartel & Roth, 2020). Mehr als zwei Drittel der Studierenden in dieser Studie beurteilen das Video im direkten Vergleich mit Cartoon und Text/Transkript als authentischer ($n = 48$, SoSe 2017, WS 2017/18). Hinsichtlich der Eignung des jeweiligen Vignettenformates zur Förderung der Diagnosefähigkeiten zum Experimentieren zeichnete sich ein weniger eindeutiges Bild ab. Beim Vergleich des Videos mit dem Format Text/Transkript sprechen 47% der Studierenden beiden Formaten eine hohe Lernförderlichkeit zu, im Vergleich von Video und Cartoon sind es noch 38%, die sich für beide Formate aussprechen. Auch wenn das Format Video hinsichtlich der Förderung von Diagnosekompetenz von etwa der Hälfte der Studierenden ($n = 48$, SoSe 2017, WS 2017/18) als am besten geeignet eingeschätzt wird, zeigen die Befunde eine Tendenz hin zu einem differenzierten Einsatz von verschiedenen Vignettenformaten.

(F3) Um die Wirkung des Vignetteneinsatzes und -formates für die Förderung von Diagnosekompetenz zu überprüfen, wurde zu fünf Messzeitpunkten ein Kompetenztest zur Erfassung von fachbezogenen Fähigkeiten im Bereich der Statusdiagnostik² (erweitert nach Dübbelde, 2013) eingesetzt. Auf Basis der hierbei gewonnenen Erkenntnisse in PRONET lassen sich jedoch noch keine empirisch eindeutigen Aussagen treffen. Ein Kompetenzzuwachs im Bereich Statusdiagnostik konnte über alle drei Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (unabhängig vom Vignettenformat) nicht nachgewiesen werden (Dannemann et al., 2018). Jedoch zeigt sich in der Analyse der Leistung in den einzelnen Phasen ein differenzierteres Bild. Während die Studierenden in der Einstufung von Hypothesenformulierungen der Schülerinnen und Schüler nach der jeweiligen Vignette signifikant besser werden ($t = -5.943$, $p = .000$, $n = 92$), fällt das Leistungsniveau bei der Bearbeitung der Vignetten zur Planung eines Experimentes signifikant ab ($t = 2.993$, $p = .004$, $n = 92$), bei der Phase der Deutung zeigt sich kein signifikantes Ergebnis. Auch bei der Analyse der einzelnen Vignettenformate zeichnen sich Unterschiede ab, die sich in eine bereits bestehende noch wenig ausgeprägte und zudem divergente Befundlage zur Wirksamkeit unterschiedlicher Vignettenformate/Fallmedien im Kontext von Diagnostik einordnen lassen (u. a. Hoppe, Renkl & Rieß, 2020: keine Leistungsunterschiede im Vergleich Text und Videovignette; Reuter, Zucker & Leuchter, 2019: spezifische Unterschiede zwischen den Formaten ohne direkten Vergleich). In der hier vorliegenden Studie haben die Studierenden

2 In der Statusdiagnostik richtete sich das Augenmerk auf summativ erfassbare und relativ stabile Merkmalsausprägungen/Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, die zu Beginn und/oder am Ende abgrenzbarer Arbeitsphasen oder des Lernprozesses beobachtet bzw. diagnostiziert werden (Aufschnaiter et al., 2015, s. Beitrag von Dübbelde & Aufschnaiter in diesem Band).

mit der Cartoon-Vignette in den Phasen zur Hypothesenformulierung besser gelernt ($t = -3.31$, $p = .003$, $n = 28$) bzw. wurden in ihren diagnostischen Fähigkeiten stärker geschult als mit dem Video. Das Vignettenformat kann auch hier Einfluss auf das Leistungsbild haben und damit für eine Differenzierung im hochschuldidaktischen Einsatz sprechen. Zudem liegt die weiter zu untersuchende Hypothese nahe, dass das Vignettenformat ebenso wie die Ausprägung der diagnostischen Fähigkeiten in seiner Wirkung vom Fach bzw. dem gewählten fachlichen und fachdidaktischen Kontext beeinflusst wird.

2.3 Weiterentwicklung in der zweiten Förderphase

Sowohl bezogen auf die angestrebte Vernetzung von Fach, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft als auch in den skizzierten methodischen Wegen der Einbindung eines Lehr-Lern-Labors in die Lehramtsausbildung konnten aus den Erfahrungen und Befunden in PRONET wichtige Fragen und weiterführende Schritte zur Qualitätsverbesserung der Lehramtsausbildung in PRONET² auf Teilprojektebene abgeleitet werden:

- In den Fähigkeiten zur Statusdiagnostik lässt sich keine aussagekräftige Förderung durch den Vignetteninsatz verzeichnen. Die Vernetzung von fachmethodischem Wissen zur Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente mit diagnostischen Grundlagen greift mehr als eine punktgenaue Erfassung von ausgewählten Kompetenzen bei den Studierende ab. Wie dem Erkenntnisprozess zum Experimentieren selbst, liegt auch der Diagnostik von Fähigkeiten in diesem Bereich ein Prozesscharakter zugrunde, den es über andere Verfahren zu erfassen sowie im Kontext der anvisierten Vernetzung zu interpretieren gilt. → *Inwieweit werden Studierende über den Einsatz von Vignetten und/oder einer realen Schülerbetreuung beim Experimentieren in ihrer Kompetenz im Bereich Prozessdiagnostik gefördert? Welchen Einfluss haben der wahrgenommene Vernetzungsgrad und die damit einhergehenden kognitiven Hürden auf die Ausprägung der Kompetenzen im Bereich Status- und Prozessdiagnostik?*
- Hinsichtlich der eingesetzten Vignettenformate kann auf Formatebene keine abschließende Aussage bezüglich der Überlegenheit eines Formates getroffen werden. Tendenzen sind absehbar und müssen zukünftig im Kontext der Fachspezifität weiterführend geprüft werden. Auf der Relevanz- und Gestaltungsebene wurde deutlich, dass das Video auch in dieser Studie als authentischstes Format wahrgenommen wird, obwohl es mehr Anforderungen an die Studierenden in der Diagnostik in sich birgt. Letzte-

res bedarf einer Weiterentwicklung in der Fokussierung von Videovignetten auf ein diagnostisches Blickfeld und deren Ausschärfung für die Nutzerinnen und Nutzer. → *Wie können Videovignetten inhaltlich fokussierter aufbereitet und methodisch effektiver eingebettet werden, um zu einem signifikanten Kompetenzzuwachs zu führen?* (s. Beitrag von Meyer-Odewald et al. in diesem Band; Horn & Meier, im Druck)

3 Fazit

Auf Basis der konzeptionellen Überlegungen, Lehrbeispiele und empirischen Befunde stellt sich abschließend die Frage nach den Schwierigkeiten und den Potenzialen, die sich im Zusammenhang mit dem Einsatz, der Diskussion und der Weiterentwicklung der Vernetzungsmodelle ergeben. Bezogen auf das Gesamtprojekt und die Fokussierung auf Vernetzung im Handlungsfeld III fanden insbesondere in der 1. Förderphase intensive und konstruktive Diskussionen mit den Teilprojekten statt. In diesen wurde an einigen Stellen deutlich, dass andere, in ihrer Fachspezifität geprägte Formen der Vernetzung über die beschriebenen Modelle hinaus, existent sind, so dass sich nicht alle Akteurinnen und Akteure in der vorgestellten Konzeption verorten konnten. Trotzdem entfalteten die Modelle auf Projektebene ihr Potenzial zur Systematisierung und zur Schaffung eines verallgemeinerbaren, fachübergreifenden Überblicks über die in den Lernumgebungen umgesetzten Vernetzungsansätze.

Im Prozess des hochschulübergreifenden Diskurses ergaben sich Abweichungen von der ursprünglichen Konzeption, beispielsweise im Bereich der Begrifflichkeiten. Schlussendlich wurde jedoch ein Austausch über die eigenen Begrifflichkeiten, die zugrunde liegenden Konzepte und die Modelle erreicht. Dies erhöhte auch die Rezeption der hier vorgestellten Arbeiten. In der Betrachtung von Teilprojekten (s. auch Beitrag von Gimbel, Grospietsch & Ziepprecht in diesem Band) zeigt sich, dass die Integration der verschiedenen Lernumgebungselemente mit dem Ziel der Umsetzung von Vernetzung, im hier dargestellten Beispiel Lernen im Lehr-Lern-Labor, Experimentieren und Diagnostik nach dem Integrationsmodell, eine Herausforderung darstellt. Die Modelle bieten jedoch in jedem Fall eine Orientierung bei der Fokussierung der zu vernetzenden Professionswissensbereiche und für die Art der Vernetzung.

Schlussendlich konnten auf hochschulübergreifender Ebene eine gute Passung der Modelle der verschiedenen Standorte und eine höhere Sichtbarkeit der standortspezifischen und der gemeinsamen Arbeiten erreicht werden. Für die Projekte PRONET und PRONET² und das darin verortete Handlungsfeld

III stellen und stellen die Modelle eine Diskussionsgrundlage mit Erweiterungspotenzial dar. Auf Teilprojektebene bieten sie einen Rahmen für die Vernetzungsaktivitäten.

Anmerkung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA1505 und 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

- Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbele, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(5), 738–759.
- Bartel, M.-E. & Roth, J. (2020). Video- und Transkriptvignetten aus dem Lehr-Lern-Labor – die Wahrnehmung von Studierenden. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 299–315). Berlin: Springer.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9003-610.1007/s11618-006-0165-2>
- Bosse, D. & Lipowsky, F. (2017). Vorwort der Projektleitung. In Universität Kassel – ZLB (Hrsg.), *PRONET Professionalisierung durch Vernetzung* (S. 4–5). Kassel. Abgerufen am 21.10.2020 von: https://www.uni-kassel.de/themen/fileadmin/datas/themen/pronet/PRONET_Projekt_darstellung_09-02-18.pdf
- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T. & Ziepprecht, K. (2020). Lehr-Lern-Labore – universitäre Praxis, empirische Forschung und zukünftige Entwicklung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 13(1), 5–24.
- Dannemann, S., Meier, M., Hilfert-Rüppell D., Kuhleemann, B., Eghtessad, A., Höner, K., Hößle, C. & Looß, M. (2018). Erheben und Fördern der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von Vignetten. In M. Hammann & M. Lindner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 8, S. 245–263). Innsbruck: Studien-Verlag.
- Dübbele, G. (2013). *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Dissertation*. Kassel: Universität Kassel.
- Hellmann, K., Ziepprecht, K., Baum, M., Glowinski, I., Grospietsch, F., Heinz, T., Masanek, N. & Wehner, A. (angenommen). *Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung in der Lehrkräftebildung – Ein Angebots-Nutzungs-Modell*.

- Hoppe, T., Renkl, A. & Rieß, W. (2020). Förderung von unterrichtsbegleitendem Diagnostizieren von Schülervorstellungen durch Video- und Textvignetten. *Unterrichtswissenschaft*, 48, 573–597. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00075-7>
- Horn, D. & Meier, M. (im Druck). Kontrastieren und Vergleichen mit Videovignetten – Konzeption einer Diagnose-Übungseinheit für Biologielehramtsstudierende. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrerbildung neu gedacht – Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken*. Münster: Waxmann.
- Ihn-Huber, P. & Oldenburg, R. (2017). Effekte von praktischer Erfahrung vs. Videovignetten in der Lehrerausbildung zum Umgang mit Rechenschwäche. In U. Kortenkamp & A. Kuzle (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2017* (S. 481–484). Münster: WTM-Verlag.
- KMK – Kultusministerkonferenz der Länder. (2019a). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019). München: Luchterhand. Abgerufen am 21.10.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- KMK – Kultusministerkonferenz der Länder. (2019b). *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). München: Luchterhand. Abgerufen am 21.10.2020 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9–20). Münster: Waxmann.
- Meier, M., Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018). Vernetzung von Wissensfacetten professioneller Handlungskompetenz in hochschuldidaktischen Lehr-Lernsettings. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 143–178). Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- Meier, M. & Wulff, C. (2013). Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(8), 485–490.
- Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.) (2018). *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Münster: Waxmann.
- Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J. & Upmeyer zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender – Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 223–247). Berlin: Springer.
- Reuter, T., Zucker, V. & Leuchter, M. (2019). Förderung des Beschreibens von prozessorientierter Diagnostik im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Evaluation eines auf Text- und Videovignetten basierenden Seminars für

- Grundschullehramtsstudierende. *Beiträge für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 37(2), 1–14.
- Spinath, B. (2005). Akkuratheit der Einschätzung von Schülermerkmalen durch Lehrer und das Konstrukt der diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19, 85–95. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.19.12.85>
- Universität Kassel (Hrsg.) (2020). *10. Lehr- und Studienbericht der Universität Kassel. Berichtszeitraum Sommersemester 2016 bis Wintersemester 2019/20*. Kassel: Universität Kassel. Abgerufen am 21.10.2020 von: <https://www.uni-kassel.de/uni/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=8803&token=82bd4fdf252b64f6f280ee54bca4a46ac195d096>
- Ziepprecht, K. & Gimbel, K. (2018). Vernetzte Lernumgebungen – empirische Befunde zu Präferenzen von Studierenden und zur Umsetzung im Lehrangebot. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 21–34). Münster: Waxmann.

Katharina Gimbel, Finja Grospietsch & Kathrin Ziepprecht

Aspekte professioneller Handlungskompetenz fach- und inhaltspezifisch ausdifferenzieren und theoriebasiert fördern

Das Kasseler Qualitätsoffensive-Projekt „Professionalisierung durch Vernetzung (PRONET)“ begann für mich, Kathrin Ziepprecht, damit, dass ich einen Projektzeitplan erstellen sollte. Jürgen Mayer hatte mich kurz vor der Abgabe meiner Dissertation in die Vorbereitung des Kasseler Antrags einbezogen und schon nach kurzer Zeit war klar, dass dieses Projekt die Arbeit in der Abteilung in den nächsten Jahren prägen würde. In den dort angesiedelten Teilprojekten „Contemporary Science“ und „Kognitionspsychologische Konzepte“ wurden Katharina Gimbel und Finja Grospietsch als wissenschaftliche Mitarbeiterinnen eingestellt. Von Anfang an war es Jürgen Mayer ein besonderes Anliegen, dass die biologiedidaktischen Teilprojekte einen regen Austausch pflegen, um neben den eigenen Projektzielen auch gemeinsame Forschungsstränge zu verfolgen. Ein Herzstück der konstruktiven Zusammenarbeit bildete dabei die PRONET-AG und über das Projekt PRONET hinaus die Forschungs-AG. „Es geht immer auch um eine Ausdifferenzierung und Weiterentwicklung von Modellen“ bzw. „Die Entwicklung von Lernumgebungen muss theoriebasiert erfolgen“ sind Sätze, die Jürgen Mayer seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Rahmen der AGs immer wieder in Erinnerung gerufen hat und die die Arbeit in beiden Teilprojekten geprägt haben. Mit seinen visionären Ideen und Anregungen, immer ein mögliches gemeinsames Endprodukt, den nächsten Forschungsantrag und die zukünftige Arbeit im Blick zu haben, hat Jürgen Mayer die PRONET-Teilprojekte zu dem gemacht, was sie geworden sind.

1 Einleitung

Mit dem Ziel, Hochschulen in ihren Bemühungen zu unterstützen, die Lehrkräfteausbildung zu reformieren sowie ihre Qualität nachhaltig zu verbessern, startete in Deutschland 2015 die von Bund und Ländern gemeinsam beschlossene *Qualitätsoffensive Lehrerbildung*. Der vorliegende Beitrag steht im Kontext des zugehörigen Kasseler Projekts *Professionalisierung durch Vernetzung (PRONET)*. Zwei Teilprojekte, unter Beteiligung der Didaktik der Biologie, die sich mit der Förderung ausgewählter Aspekte professioneller Handlungskompetenz angehender Biologielehrkräfte beschäftigten, sind *Contemporary Science in der Lehrerbildung (Contemporary Science)* und *Kognitionspsychologische Konzepte zur Förderung von nachhaltigem Lernen und Transfer in Biologie und Mathematik (Kognitionspsychologische Konzepte)*. Das Teilprojekt *Contemporary Science*,

in dem die drei Naturwissenschaftsdidaktiken der Universität Kassel kooperierten, verfolgte das Ziel, die Professionsentwicklung angehender Lehrkräfte der Biologie, Chemie und Physik durch eine gezielte Verzahnung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Inhalte am Beispiel aktueller Fachforschung zu fördern (Mayer et al., 2017). Das Kooperationsprojekt *Kognitionspsychologische Konzepte* der Didaktik der Biologie und der Didaktik der Mathematik nahm sich der Einbettung kognitionspsychologischer Konzepte in die Lehrkräfteausbildung an. Im biologiepädagogischen Schwerpunkt des Teilprojekts wurde das Thema *Nachhaltiges Lernen* aus Perspektive dreier Disziplinen beleuchtet: Biologiepädagogik, Kognitionspsychologie und Neurowissenschaft. Durch die Verzahnung spezifischer Inhalte dieser für gewöhnlich fragmentiert gelehrtene Studienelemente sollte ein Ertrag für die professionelle Handlungskompetenz angehender Biologielehrkräfte erzielt werden (Mayer, Borromeo Ferri, Grospietsch & Schäfer, 2017).

Untersuchungsgegenstand beider Teilprojekte stellten das Professionswissen und die professionellen Überzeugungen (vgl. Baumert & Kunter, 2006) dar. Dabei wurde insbesondere auf das fachliche und fachdidaktische Wissen sowie die subjektiven Theorien und epistemologischen Überzeugungen fokussiert und in jedem Teilprojekt ein spezifischer Inhaltsbereich der Biologie in den Blick genommen. Das Teilprojekt *Contemporary Science* fokussierte auf Inhalte des Themenbereichs *Genetik*. Im Teilprojekt *Kognitionspsychologische Konzepte* stand das Thema *Gehirn und Lernen* mit neurobiologischen Inhalten im Mittelpunkt. Im Rahmen dieses Beitrags wird anhand der zwei Projektbeispiele dargestellt, wie das Modell professioneller Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006) fach- bzw. inhaltspezifisch ausdifferenziert wurde und wie sich auf dieser Basis theoriebasiert verzahnte Lehrveranstaltungen nach dem sogenannten Integrationsmodell (Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018) konzipieren ließen.

2 Fach- und inhaltspezifische Ausdifferenzierung von Professionswissen und Überzeugungen angehender Biologielehrkräfte

Professionswissen und professionelle Überzeugungen sind Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006), denen eine besondere Relevanz für das berufliche Handeln von Lehrkräften zugesprochen wird (Kunter & Pohlmann, 2015). Das Professionswissen kann u. a. in fachliches (FW), fachdidaktisches (FDW) und pädagogisch-psychologisches Wissen (PPW) unterteilt werden. Das PPW umfasst Facetten des bildungswissenschaftlichen Wissens sowie des allgemeinen pädagogischen Wissens und

Könnens (Voss & Kunter, 2011). FW und FDW stellen fachspezifische Bereiche des Professionswissens dar (Kunter & Pohlmann, 2015), d. h., Lehrkräfte unterschiedlicher Fächer benötigen unterschiedliches Professionswissen. Eine Biologielehrkraft benötigt z. B. FW zu Genetik und Neurobiologie. Um dieses FW adressatengerecht zu vermitteln, benötigt sie wiederum FDW zu entsprechenden Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien.

Professionelle Überzeugungen können in subjektive Theorien sowie epistemologische Überzeugungen zur Struktur, Genese und Validierung von Wissensbeständen (Baumert & Kunter, 2006) unterschieden werden. Fachspezifisch betrachtet können letztere in den Naturwissenschaften als *Nature-of-Science*-Überzeugungen bezeichnet werden (Neumann & Kremer, 2013). Inhaltliche Schwerpunkte der *Nature-of-Science*-Überzeugungen bilden z. B. die Rollen der Forschenden als Personen, die Bedeutung des Experiments bei der Erkenntnisgewinnung sowie die (natur-)wissenschaftliche Wissensproduktion (Lederman, 1992; Urhahne, Kremer & Mayer, 2008). In Bezug auf die subjektiven Theorien zum Lehren und Lernen werden z. B. konstruktivistische und transmissive Lehr-Lernüberzeugungen unterschieden. Im Sinne der konstruktivistischen Lehr-Lernüberzeugungen ist das Lernen ein aktiver und selbstgesteuerter Prozess, wohingegen die Auffassung, dass Wissen und Informationen von der Lehrkraft auf die Lernenden übertragen werden können, das Kernelement der transmissiven Lehr-Lernüberzeugungen ist (Staub & Stern, 2002).

Während FW und FDW immer auf einen konkreten Fachinhalt bezogen sind, können Überzeugungen auf verschiedenen Ebenen betrachtet und gemessen werden (Gimbel, Ziepprecht & Mayer, 2018; Ziepprecht, Gimbel, Motyka & Mayer, 2019). Lehr-Lernüberzeugungen können sich beispielsweise sowohl auf das Lernen im schulischen Kontext allgemein als auch auf ein spezielles Unterrichtsfach beziehen. Studien deuten darauf hin, dass die Probandinnen und Probanden hier über unterschiedlich ausgeprägte Überzeugungen verfügen (Bryan & Atwater, 2002; Eichler, 2011; Girnat & Eichler, 2011; Kleickmann, 2008; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006). Für das Fach *Biologie* und exemplarisch für die Fachinhalte *Genetik* und *Evolution* konnte gezeigt werden, dass angehende Lehrkräfte hinsichtlich des Fachs *Biologie* und der angesprochenen Fachinhalte über unterschiedlich ausgeprägte *Nature-of-Science*- und Lehr-Lernüberzeugungen verfügen. Hierbei waren die allgemein auf das Fach *Biologie* bezogenen konstruktivistischen Lehr-Lernüberzeugungen und *Nature-of-Science*-Überzeugungen höher und die transmissiven Lehr-Lernüberzeugungen niedriger ausgeprägt als die jeweiligen Überzeugungen auf Ebene der Fachinhalte *Genetik* und *Evolution*. Unterschiede in der Ausprägung der beiden Fachinhalte konnten nicht gefunden werden (Gimbel et al., 2018). Die Ergebnisse zeigen, dass es Konsequenzen hat, auf welcher Ebene man Überzeugungen misst und diese zudem Auswirkungen auf die Gestaltung

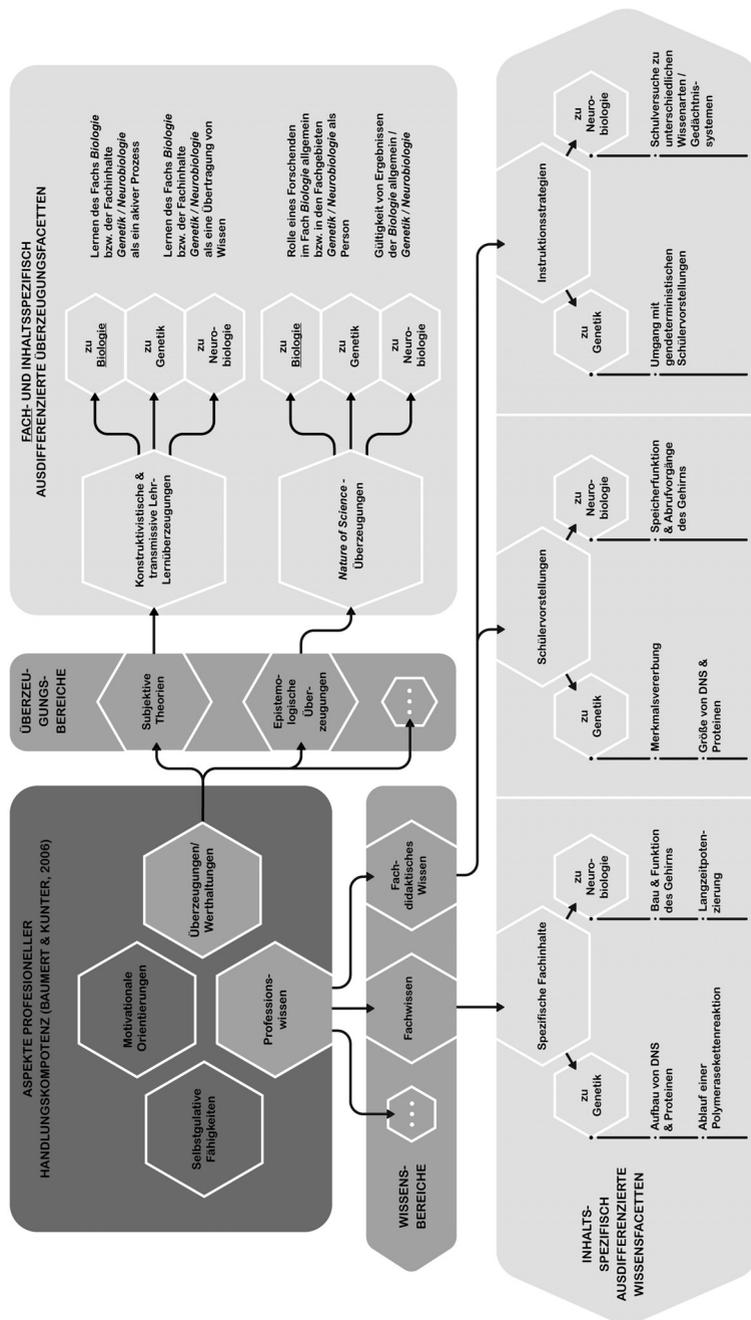


Abbildung 1: Ausdifferenzierung des Modells der professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) für das Fach Biologie sowie die Fachinhalte Genetik und Neurobiologie

und Evaluation von Lernumgebungen hat. Sollen in einer Lernumgebung, die einen bestimmten biologischen Fachinhalt (z. B. *Genetik*) thematisiert, Überzeugungen von angehenden Lehrkräften verändert werden, sollten diese entsprechend auf der inhaltsspezifischen Ebene fokussiert und gemessen werden. Im Gegensatz dazu empfiehlt es sich auf allgemein-fachlicher Ebene zu bleiben, wenn ein übergeordnetes Thema (z. B. das Thema *Lernen*) Gegenstand einer Lernumgebung ist.

Abbildung 1 zeigt, wie Professionswissen, Lehr-Lern- und *Nature-of-Science*-Überzeugungen in den Projekten *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* ausdifferenziert wurden. Im Projekt *Contemporary Science* wurden FW und FDW auf den Inhalt *Genetik* bezogen. Im Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte* wurde auf den Inhalt *Neurobiologie* fokussiert. Die Lehr-Lernüberzeugungen und die *Nature-of-Science*-Überzeugungen wurden sowohl auf Ebene der Biologie als auch auf Ebene der Fachinhalte *Genetik* und *Neurobiologie* ausdifferenziert.

3 Theoriebasierte Förderung von Professionswissen durch das Integrationsmodell

Die inhaltsspezifische Ausdifferenzierung von Professionswissen wurde in den Projekten *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* als Grundlage verwendet, um die für die professionelle Handlungskompetenz angeheender Biologielehrkräfte relevanten Studieninhalte zu identifizieren und im Rahmen von Lehrveranstaltungen systematisch miteinander zu verzahnen. Gestaltet wurden diese Lernangebote theoriebasiert nach einem Verzahnungsmodell, das von Jürgen Mayer und Kolleginnen (Mayer et al., 2018) entwickelt wurde: dem sogenannten Integrationsmodell. Es zeichnet sich dadurch aus, dass in eine Lehrveranstaltung mit Schwerpunkt auf einem Professionswissensbereich Inhalte weiterer Wissensbereiche integriert werden (z. B. fachwissenschaftliche und/oder pädagogisch-psychologische Wissensinhalte in eine fachdidaktische Lehrveranstaltung) (Mayer et al., 2018). Ziel der Umsetzung des Integrationsmodells in den Projekten *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* zu den Themen *Genetik* bzw. *Nachhaltiges Lernen* war es, die Studierenden zu einer stärkeren Vernetzung ihres Professionswissens anzuregen.

3.1 Förderung von Professionswissen zu Genetik im Projekt *Contemporary Science*

Im Teilprojekt *Contemporary Science* wurde die inhaltliche Verzahnung von Studienelementen über das Integrationsmodell im Seminar *Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht (Kooperationsseminar mit Science Bridge)* vorgenommen (Gimbel, Ziepprecht & Mayer, 2017; Gimbel & Ziepprecht, 2018). Dazu wurden fachliche und fachdidaktische Lerninhalte der Genetik mit dem Ziel verzahnt, angehende Biologielehrkräfte auf eine adressatengerechte Vermittlung aktueller biologischer Forschungsgegenstände und Inhalte sowie molekularbiologischer Arbeitsweisen vorzubereiten. Dies ist insofern relevant, als dass Lernenden eine mündige und informierte Teilhabe an den stetig zunehmenden gesellschaftlichen Diskursen über aktuelle biologische Forschung (z. B. zu den Themen personalisierte Medizin oder Gentechnik) ermöglicht werden soll.

Fachliche und fachdidaktische Inhalte wurden in der Lehrveranstaltung anhand der beiden Kontexte *Genetischer Fingerabdruck* und *Restriktionsanalyse* erarbeitet, wobei zu jedem Kontext fachliche und fachdidaktische Veranstaltungen durchgeführt wurden. Tabelle 1 fasst zusammen, welche Studienelemente, Professionswissensfacetten und Themen im Seminar *Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht (Kooperationsseminar mit Science Bridge)* behandelt wurden.

Tabelle 1: Studienelemente, Professionswissensfacetten und Themen des Seminars *Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht (Kooperationsseminar mit Science Bridge)*

Studienelement	Professionswissensfacette	Exemplarische Seminarthemen
Fachwissenschaft	FW zu Genetik	<ul style="list-style-type: none"> – Aufbau von DNS und Proteinen – Ablauf einer PCR, Gelelektrophorese, Restriktionsanalyse – Erbgänge im Vergleich – Populationsgenetik
Fachdidaktik	FDW zu Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien zum Thema <i>Genetik</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Genetischer Determinismus – ‚Merkmalsvererbung‘ – monogene vs. polygene Erbgänge

Die fachlichen Inhalte und molekularbiologischen Arbeitsweisen eines jeden Kontextes wurden an einem Labortag in Kooperation mit *Science Bridge e.V.* (einem mobilen Schüler- und Öffentlichkeitslabor) im Rahmen von schulpraktikablen Versuchen erarbeitet. Am ersten Labortag zum Thema *Genetischer Fingerabdruck* wurden u. a. verschiedene Vorgehensweisen der Gewinnung ge-

nomischer Desoxyribonukleinsäure (DNS) erarbeitet, die Polymerasekettenreaktion als Verfahren der *in vitro* Vervielfältigung von DNS diskutiert und die Agarose-Gelelektrophorese mit der Polyacrylamid-Gelelektrophorese verglichen. Diese Inhalte stellten sowohl für den ersten Labortag mit dem Schwerpunkt *Genetischer Fingerabdruck* als auch für den zweiten Labortag mit dem Schwerpunkt *Restriktionsanalyse* relevantes Fachwissen dar.

Die fachdidaktischen Schwerpunkte der Lehrveranstaltung lagen auf Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien zum Thema *Genetik* sowie *Nature of Science* im Unterricht (für Letzteres s. Abschnitt 4.1). Hierzu wurden bekannte Schülervorstellungen, beispielsweise zur Merkmalsvererbung (Gleichsetzung von Merkmalen und Genen) (Hammann & Asshoff, 2014) und gendeterministische Schülervorstellungen (Dar-Nimrod & Heine, 2011) und deren Bedeutung für den Unterricht besprochen. Auf Ebene der Instruktionsstrategien wurden z. B. Maßnahmen für die Vermeidung gendeterministischer Vorstellungen im Genetikunterricht, wie beispielsweise die vermehrte Behandlung der Rolle der Umwelt und von polygenen Erbgängen (im Vergleich zu den deutlich seltener vorkommenden, aber weitaus häufiger besprochenen monogenen Erbgängen) thematisiert (Hammann & Asshoff, 2014).

Die Verzahnung zwischen den Professionswissensbereichen wurde beispielsweise erreicht, indem Schülervorstellungen fachlich reflektiert und ihre Bedeutung für das praktische Arbeiten und die Implementierung aktueller Forschungsthemen in den Unterricht diskutiert wurden. Zuletzt bündelten die Studierenden nach vollständigem Abschluss der Lernumgebung beide Wissensbereiche in der Ausarbeitung einer kurzen Unterrichtseinheit zu einem selbstgewählten aktuellen Forschungsbezug.

Im Rahmen der Begleitforschung (Gimbel & Ziepprecht, 2018) wurde mittels einer experimentellen Studie im *Within-Subject-Design* geprüft, inwiefern diese verzahnte Vermittlung der fachlichen und fachdidaktischen Lerninhalte einer nicht verzahnten Vermittlung überlegen ist. Die Ergebnisse einer Kohorte ($N = 11$) zeigen u. a., dass das FW zu Genetik gleichermaßen in der verzahnten und nicht verzahnten Lernbedingung gefördert wurde. Für das FDW zu Genetik zeigt sich hingegen eine Überlegenheit der verzahnten Bedingung. Es weist in dieser Bedingung eine signifikant höhere Ausprägung auf als in der nicht-verzahnten. Es deutet sich an, dass besonders die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens von einer verzahnten Lerninhaltsvermittlung profitiert.

3.2 Förderung von Professionswissen zum Thema *Nachhaltiges Lernen* im Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte*

Auch das Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte* nahm sich der inhaltlichen Verzahnung von Studienelementen über das Integrationsmodell an (Grospietsch & Mayer, 2018a, 2018b). Dazu wurde eine biologiedidaktische Lehrveranstaltung zum Thema *Nachhaltiges Lernen* entwickelt, die – unter Berücksichtigung der Doppelfunktion von Biologielehrkräften als Lerncoach und Vermittler für Themen wie *Bau und Funktion des Gehirns* oder *Langzeitpotenzierung* – neben biologiedidaktischen auch kognitionspsychologische und neurowissenschaftliche Inhalte vermittelt. Es entstand das Seminar *Gehirngerechtes Lernen – Konzept oder Mythos?*, das die Studienelemente Fachdidaktik, Bildungswissenschaft und Fachwissenschaft zusammenbringt. Exemplarische Seminarthemen, die sich auf Basis der inhaltsspezifischen Ausdifferenzierung des Professionswissens ergaben, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Studienelemente, Professionswissensfacetten und Themen des Seminars *Gehirngerechtes Lernen – Konzept oder Mythos?*

Studienelement	Professionswissensfacette	Exemplarische Seminarthemen
Fachdidaktik	FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens	<ul style="list-style-type: none"> – Schülervorstellungen zum Gehirn – Selbstreguliertes Lernen im Biologieunterricht – Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens
Bildungswissenschaft	PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens	<ul style="list-style-type: none"> – Mehrspeichermodell des Gedächtnisses – Lernstrategien/Lernorientierungen – Prozessmodell der Gedächtnisbildung
Fachwissenschaft	FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen	<ul style="list-style-type: none"> – Bau und Funktion des Gehirns – Gedächtnissysteme/Wissensarten – Zelluläre Mechanismen von Lernen

Das Seminar wurde so gestaltet, dass je drei biologiedidaktische, kognitionspsychologische und neurowissenschaftliche Seminarthemen vermittelt werden. Im Sinne der Verzahnung sollten diese drei unterschiedlichen Fokusse auf das Thema *Nachhaltiges Lernen* nicht nach Studienelementen geblockt, sondern die Themen unterschiedlicher Studienelemente miteinander verschachtelt gelehrt werden. Konkret heißt dies z. B., dass in Sitzung eins aus kognitionspsychologischer Perspektive das Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (PPW) behandelt wird. In der zweiten Sitzung folgen dann mit neurowissenschaftlichem Fokus der Bau und die Funktion des Gehirns (FW). In der dritten Sitzung wird

sich aus biologiedidaktischer Perspektive mit Schülervorstellungen zum Gehirn (FDW) beschäftigt und in einer vierten und letzten Sitzung dieser ersten Einheit sollen die Wissensbereiche bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterial aufeinander bezogen werden. Auch die zweite und die dritte Einheit wurden nach diesem verschachtelten Prinzip strukturiert, was in Anlehnung an Block und Hazelip (1995) eine systematische Integration des Professionswissens in das semantische Netzwerk der Lernenden anregen soll. Als Unterrichtsmaterialien, die von den Studierenden zwecks Vernetzung ihres Professionswissens hergestellt werden sollen, wurden Konzeptwechselltexte zu Schülervorstellungen (Grospietsch, 2021), ein Lernstrategiefächer für das Lesen biologischer Sachtexte (Ziepprecht, Grospietsch & Wulff, 2018) und *gehirngerechte*¹ Arbeitsblätter (Grospietsch & Mayer, im Druck) festgelegt.

Die Begleitforschung mit 40 Studierenden in einem Prä-Post-Design (Grospietsch & Mayer, 2018a) zeigt zusammengefasst, dass sowohl FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens, PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens als auch FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen zwischen den zwei Messzeitpunkten höchst signifikant und mit hohen Effektstärken ($d = 1,7$ bei FDW bzw. 1,3 bei PPW und FW) anstiegen. Weiterhin nahmen die Zusammenhänge zwischen diesen drei Professionswissensfacetten zum Thema *Nachhaltiges Lernen* vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt zu. Zwischen PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens und FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens zeigte sich im Prä-Test nur ein kleiner Zusammenhang, der nach dem Seminar eine mittlere Ausprägung aufwies. Die Zusammenhänge zwischen FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen und PPW zur Psychologie menschlichen Lernens bzw. FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens wurden nur im Post-Test signifikant, was in Anlehnung an Krauss et al. (2008) als zunehmende kognitive Vernetzung seitens der Studierenden interpretiert werden kann.

4 Theoriebasierte Förderung von professionellen Überzeugungen angehender Biologielehrkräfte durch explizite Thematisierung und Widerlegung

Überzeugungen gelten gemeinhin als schwerer veränderbar als Professionswissen (Woolfolk Hoy et al., 2006; Pajares, 1992). In Bezug auf Lehr-Lernüberzeugungen ist bekannt, dass diese zu Beginn des Studiums eher transmissiv ausgeprägt sind (Da-Silva, Mellando, Ruiz & Porlán, 2007), wobei dies im Ver-

1 Meint: in Anlehnung an die im Seminar thematisierten neurodidaktischen Prinzipien gestaltet.

lauf des Studiums meist rückläufig ist und konstruktivistische Lehr-Lernüberzeugungen einen Anstieg verzeichnen (Buelens, Clement & Clarebout, 2002). Studien wie beispielsweise von Drechsel (2001) zeigen, dass sich Lernkonzepte bei etwa einem Drittel der Lehramtsstudierenden über das Studium hinweg als veränderungsresistent erweisen und sich nicht ausreichend in Richtung pädagogisch-erwünschter Konzepte erweitern lassen. Transmissive Lehr-Lernüberzeugungen sind bis in die pädagogische Praxis hinein verbreitet (Duit, Widodo & Wodzinski, 2007). Hinzu kommen Befunde, dass angehende und praktizierende Lehrkräfte über resistente Fehlvorstellungen (falsche Einzelüberzeugungen) zum Thema *Gehirn und Lernen* (z. B. Dekker, Lee, Howard-Jones & Jolles, 2012; Grospietsch & Mayer, 2019) und unzureichende *Nature-of-Science*-Überzeugungen (im Sinne eines nicht adäquaten Wissenschaftsverständnisses) verfügen (Lederman & Lederman, 2014). Oft herrschen z. B. Neuromythen wie *Man nutzt nur 10 % seines Gehirns* (Dekker et al., 2012) oder alltagsnahe Überzeugungen dazu vor, dass Theorien aus eigenen Ideen und Vorstellungen entspringen und nicht das Produkt empirischer Untersuchungen seien (Lederman & Lederman, 2014).

Die Projekte *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* hatten hinsichtlich der Überzeugungen zwei unterschiedliche Professionalisierungsziele, was in zwei Instruktionsansätzen mündete: *Contemporary Science* fokussierte auf die Förderung professioneller *Nature-of-Science*-Überzeugungen. Im Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte* stand hingegen die Reduzierung transmissiver Lehr-Lernüberzeugungen sowie falscher Einzelüberzeugungen im Zentrum.

4.1 Förderung professioneller *Nature-of-Science*-Überzeugungen im Projekt *Contemporary Science*

Als wirkungsvolle Ansätze, um *Nature-of-Science*-Überzeugungen zu professionalisieren, haben sich der Kontakt mit aktueller Forschung (Samarapungavan, Westby & Bodner, 2006) sowie eine explizite Thematisierung korrespondierender Aspekte (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002) erwiesen. Diesen empirischen Befunden folgend soll den Studierenden in der Lehrveranstaltung zum einen eine Beschäftigung mit aktuellen Forschungsthemen der Genetik ermöglicht und zum anderen das Thema *Nature of Science* explizit adressiert werden. Dazu werden mit den Studierenden Aspekte von *Nature of Science* in einem ersten Schritt diskutiert und anschließend Bezüge zu den Bildungsstandards und der darin enthaltenen Forderung nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung hergestellt, in einem zweiten Schritt deren Umsetzung in den

geplanten Unterrichtseinheiten herausgearbeitet und letztlich die Relevanz von *Nature of Science* für das Lehren und Lernen diskutiert (z. B. inwiefern Lernen vermittelt werden sollte, dass das Wissen der Genetik nicht eindeutig beweisbar ist und sich im Laufe der Zeit ändern kann).

Inwiefern sich die *Nature-of-Science*-Überzeugungen zur Genetik im Laufe der Lernumgebung entwickeln, wurde im Prä-Post-Vergleich evaluiert (Gimbel & Ziepprecht, 2018). Für diese Überzeugungen zeigen sich im Prä-Post-Vergleich vergleichsweise hohe, stabile Ausprägungen. Sowohl zu Beginn als auch am Ende der Lehrveranstaltung verfügten die Studierenden über ein ausgeprägtes Naturwissenschaftsverständnis, was sich z. B. dadurch auszeichnet, dass sie wissenschaftlichen Erkenntnissen der Genetik keine uneingeschränkte Gültigkeit zusprechen. Ein Unterschied im Prä-Post-Vergleich zeigt sich bei solchen Überzeugungen, die die Relevanz und Bedeutung von *Nature of Science* für den Genetikunterricht betreffen. Diese waren zum Ende der Lehrveranstaltung signifikant stärker ausgeprägt (mit großem Effekt), was bedeutet, dass die Studierenden Aspekten von *Nature of Science* eine höhere Relevanz für das Lehren und Lernen des Themas *Genetik* zusprechen. Beispielsweise erachteten sie es am Ende der Lehrveranstaltung als deutlich wichtiger, Lernen zu verdeutlichen, dass wissenschaftliche Erkenntnisse der Genetik nie rein objektiv sind und auch von der individuellen Interpretation der Forschenden abhängig sein können, als noch zu Beginn der Lehrveranstaltung. Somit zeichnet sich theoriekonform ab, dass solche Überzeugungen, zu denen korrespondierende Inhalte explizit im Seminar thematisiert werden, wie beispielsweise die Einbettung von *Nature-of-Science*-Aspekten in den Unterricht, eine Entwicklung erfahren können.

4.2 Reduzierung von transmissiven Lehr-Lernüberzeugungen und falschen Einzelüberzeugungen im Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte*

Im Projekt *Kognitionspsychologische Konzepte* wurden zwei Konzeptwechselltheorien herangezogen, um transmissive Überzeugungen zum Lehren und Lernen im Biologieunterricht sowie falsche Einzelüberzeugungen zum Thema *Gehirn und Lernen* (Neuromythen) theoretisch einordnen und Bedingungsfaktoren für ihre Veränderung beschreiben zu können: der Rahmentheorieansatz von Vosniadou (2013) sowie der Kategorisierungsansatz von Chi (2013). Zur theoriebasierten Ableitung und Gestaltung wirksamer Lehrveranstaltungselemente wurden die Kernaussagen dieser Theorien identifiziert, Zielvorstellungen festgelegt und konzeptionelle Ziele abgeleitet (Grospietsch & Mayer, im

Druck). Um durch die eigene Schulzeit biografisch verankerte transmissive Lehr-Lernüberzeugungen zum Biologieunterricht nicht nur synthetisch durch lerntheoretisch angemessene Überzeugungen zu ergänzen, sondern nachhaltig zu verändern, sollten im konzipierten Seminar persönliche Erfahrungen mit Lernangeboten ermöglicht werden, die auf Basis konstruktivistischer Grundgedanken gestaltet wurden. Um Lernende bzgl. ihrer Fehlvorstellungen zum Thema *Gehirn und Lernen* – betrachtet als falsche Einzelüberzeugungen – zu einer Überzeugungsrevision anzuleiten, sollten weit verbreitete Neuromythen explizit thematisiert und durch wissenschaftliche Argumentation widerlegt werden (Grospietsch & Mayer, 2018a, 2018b). Tabelle 3 gibt einen Überblick über Konzeptwechseltheorien, konzeptionelle Ziele und ihre didaktische Umsetzung.

Tabelle 3: Konzeptwechseltheorien, abgeleitete konzeptionelle Ziele und ihre didaktische Umsetzung im Seminar *Gehirngerechtes Lernen – Konzept oder Mythos?*

Konzeptwechseltheorie	Konzeptionelles Ziel	Didaktische Umsetzung
Rahmentheorieansatz	Persönliche Erfahrungen mit konstruktivistischen Lernangeboten ermöglichen	Erfahrungen stiften mit Lernversuchen und Methoden nachhaltigen Lernens
Kategorisierungsansatz	Widerlegen von falschen Einzelüberzeugungen	Einsatz von Konzeptwechseltexten

Durch das aus dem Rahmentheorieansatz von Vosniadou (2013) abgeleitete Lehrveranstaltungselement *Erfahrungen stiften mit Lernversuchen und Methoden nachhaltigen Lernens* sollte in seiner didaktischen Umsetzung der Forderung von Schnotz (2006) nachgekommen werden, mehr Raum dafür zu geben, bisherige Erfahrungen im Licht neuer theoretischer Annahmen zu interpretieren. Dabei sollten Erfahrungen mit konstruktivistischen Methoden und Materialien für den Biologieunterricht in das kognitive Netzwerk transmissiver Lehr-Lernüberzeugungen integriert werden, um sie bei den Studierenden zu reduzieren (Grospietsch & Mayer, 2018a, 2018b). Auch Konzeptwechseltexte (Wang & Andre, 1991), die im Seminar eingesetzt wurden, können als konstruktivistisches Lehr-Lernmaterial angesehen werden, da Lernende gezielt zu einer Erweiterung ihrer bisherigen Vorstellungen angeleitet werden und infolgedessen einen Konzeptwechsel² durchlaufen (können) (Grospietsch & Mayer, angenommen). Die in das Seminar integrierten Konzeptwechseltexte bestanden aus drei Elementen: einem Arbeitsauftrag, der die Lernenden dazu auffor-

2 Der Begriff *Konzeptwechsel* wird im Sinne einer Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen und nicht als ihr Austausch verstanden und verwendet.

dert, ihre bisherigen Vorstellungen zu aktivieren, einem Textelement, das naive Vorstellungen explizit aufgreift und anschließend durch Widerlegungsimpulse (z. B. *Doch das stimmt so nicht!*) und das systematische Hervorheben von Unterschieden zwischen naiver und fachlich angemessener Vorstellung widerlegt, und einem Arbeitsauftrag, durch den die bisherigen Vorstellungen erweitert werden sollen. Das so konzipierte Lehr-Lernmaterial hatte das Ziel, falsche Einzelüberzeugungen explizit zu thematisieren und zu widerlegen.

Die Begleitforschung (Grospietsch & Mayer, 2018a) mit 40 Studierenden zeigt, dass die Ausprägung von transmissiven Überzeugungen zum Lehren und Lernen im Biologieunterricht sowie die Zustimmung zu Neuomythen signifikant abnahmen (kleine bzw. hohe Effektstärke). Die Ergebnisse zur Zustimmung zu Neuomythen bei der Interventions- und Vergleichsgruppe (Konzeptwechselltexte vs. Reflexionsaufträge zum Seminarwissen) zeigen die Überlegenheit von explizitem Widerlegen gegenüber der reinen Vermittlung und Wiederholung von Professionswissen. Daraus lässt sich schließen, dass beide theoriebasiert abgeleiteten Seminarelemente positive Wirkungen zeigen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde dargestellt, wie das Modell professioneller Handlungskompetenz für das Fach *Biologie* und dessen Fachinhalte *Genetik* und *Neurobiologie* ausdifferenziert werden kann. Mit Blick auf die PRONET-Teilprojekte *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* zeigt sich, dass diese Ausdifferenzierung genutzt werden kann, um theoriebasiert verzahnte Lehrveranstaltungen zu konstruieren, die sich positiv auf die Ausprägung und Vernetzung von Professionswissen angehender Biologielehrkräfte auswirken. Für die Unterstützung Studierender bei der Konstruktion professioneller Überzeugungen stellt dieser Beitrag drei unterschiedliche Wege vor: (1) die Förderung von professionellen *Nature-of-Science*-Überzeugungen im Lehr-Lernkontext durch explizite Thematisierung, (2) die Reduzierung von transmissiven Lehr-Lernüberzeugung durch das Ermöglichen persönlicher Erfahrungen mit konstruktivistischen Lernangeboten und (3) die Revision falscher Einzelüberzeugungen durch den Einsatz von Konzeptwechselltexten. Die Teilprojekte *Contemporary Science* und *Kognitionspsychologische Konzepte* konnten die Wirksamkeit aller drei theoriebasiert gestalteten Instruktionsansätze herausstellen. Somit wurden nicht nur Lernumgebungen entwickelt, durchgeführt und evaluiert, in denen das Professionswissen angehender Lehrkräfte gefördert werden kann, sondern zugleich Möglichkeiten geschaffen, Überzeugungen in eine professionelle Richtung zu verändern. Im Rahmen der

zweiten Förderphase der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* und dem zugehörigen Kasseler Projekt *Professionalisierung durch Vernetzung – Fortführung und Potenzierung* (PRONET²) werden die im Rahmen dieses Beitrags vorgestellten Projekte als *Contemporary Science @ school* bzw. *Professioneller Konzeptwechsel zum Thema Nachhaltiges Lernen in der Lehrerbildung* weitergeführt. Dabei wird das Ziel verfolgt, die theoriebasiert konzipierten universitären Lehrveranstaltungskonzepte und Ergebnisse in Schule, Lehrerfortbildung und Hochschullehre zu transferieren (u.a. Grospietsch, Lins, Gimbel & Meier, im Druck).

Anmerkung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA1505 und 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

- 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>
- Block, J.H. & Hazelip, K. (1995). Teachers' beliefs and belief systems (Resources in education). In L.W. Anderson (Hrsg.), *International encyclopedia of teaching and teacher education* (S. 25–28). Oxford: Pergamon.
- Bryan, L.A. & Atwater, M.M. (2002). Teacher beliefs and cultural models: A challenge for science teacher preparation programs. *Science Teacher Education*, 86, 821–839. <https://doi.org/10.1002/sci.10043>
- Buelens, H., Clement, M. & Clarebout, G. (2002). University assistants' conceptions of knowledge, learning and instruction. *Research in Education*, 67, 44–57. <https://doi.org/10.7227/RIE.67.5>
- Chi, M.T.H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl., S. 49–70). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Dar-Nimrod, I. & Heine, S.J. (2011). Genetic essentialism: On the deceptive determinism of DNA. *Psychological Bulletin*, 137(5), 800–818. <https://doi.org/10.1037/a0021860>
- Da-Silva, C., Mellando, V., Ruiz, C. & Porlán, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: Longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91, 461–491. <https://doi.org/10.1002/sci.20183>

- Dekker, S., Lee, N.C., Howard-Jones, P. & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Drechsel, B. (2001). *Subjektive Lernbegriffe und Interesse am Thema Lernen bei angehenden Lehrpersonen*. Münster: Waxmann.
- Duit, R., Widodo, A. & Wodzinski, C.T. (2007). Conceptual change ideas – Teachers' views and their instructional practice. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvoukoussi (Hrsg.), *Re-framing the problem of conceptual change in learning and instruction* (S. 197–217). Amsterdam: Elsevier.
- Eichler, A. (2011). Statistics teachers and classroom practices. In C. Batanero, G. Burril & C. Reading (Hrsg.), *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education* (New ICMI study, Bd. 15., S. 175–186). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0_19
- Gimbel, K. & Ziepprecht, K. (2018). Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Lerninhalte im Rahmen einer situierten Lernumgebung zum Thema Genetik. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 77–91). Münster: Waxmann.
- Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (2017). Verzahnung von Professionswissen in den Naturwissenschaften: Das PRONET-Projekt Contemporary Science. *Journal für LehrerInnenbildung*, 3, 29–33.
- Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (2018). Überzeugungen angehender Lehrkräfte fachspezifisch und inhaltspezifisch operationalisieren und erfassen. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 179–198). Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- Girnat, B. & Eichler, A. (2011). Secondary teachers' beliefs on modelling in geometry and stochastics. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Hrsg.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (S. 75–84). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_9
- Grospietsch, F. (2021). Konzeptwechselltexte – ein Lehr-Lern-Material zur Berücksichtigung von Schülervorstellungen. *MNU Journal*, 74(1), 46–49.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018a). Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8(3), 120. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018b). Professioneller Konzeptwechsel zum Thema Neuromythen in der universitären Lehramtsausbildung Biologie. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 179–198). Münster: Waxmann.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2019). Pre-service science teachers' neuroscience literacy: Neuromyths and a professional understanding of learning and memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 20. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00020>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (im Druck). Didaktische Rekonstruktion als Planungs- und Forschungsrahmen nutzen – Fachliche Klärung, Gestaltung und Evaluati-

- on einer universitären Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen. *Herausforderung Lehrer*innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (angenommen). Professionalisierung von wissenschaftlichen Mythen – Angebot, Nutzung und Wirkung von Konzeptwechsellernen zum Thema Gehirn und Lernen bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Grospietsch, F., Lins, I., Gimbel, K. & Meier, M. (im Druck). Lehrkräftebildung an der Hochschule konstruktivistisch gestalten – Lehr-Lern-Prinzipien, -Modelle und -Settings zu Lernen mittels Konzeptwechsel, Problembasiertem und Situiertem Lernen. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken*. Münster: Waxmann.
- Hamman, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Friedrich.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, J. et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716>
- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 261–281). Berlin: Springer.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (Bd. 2, 600–620). New York: Routledge.
- Mayer, J., Borromeo Ferri, R., Grospietsch, F. & Schäfer, M. (2017). P42 Kognitionspsychologische Konzepte zur Förderung von nachhaltigem Lernen und Transfer in Biologie und Mathematik (KoKo). In Zentrum für Lehrerbildung (Hrsg.), *PRONET Professionalisierung durch Vernetzung* (2. Aufl., S. 70–71). Kassel: Universität Kassel Digital COPYBLITZ.
- Mayer, J., Di Fuccia, D.-S., Wodzinski, R., Ziepprecht, K., Frevert, M., Gimbel, K. et al. (2017). P08 Contemporary Science in der Lehrerbildung. PRONET Professionalisierung durch Vernetzung. In Zentrum für Lehrerbildung (Hrsg.), *PRONET Professionalisierung durch Vernetzung* (S. 54–55). Kassel: Universität Kassel Digital COPYBLITZ.

- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9–20). Münster: Waxmann.
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen -Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Pajares, M.F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332. <https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- Samarapungavan, A., Westby, E.L. & Bodner, G.M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90, 468–495. <https://doi.org/10.1002/sce.20111>
- Schnotz, W. (2006). Conceptual change. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 77–82). Weinheim: Beltz.
- 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. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.344>
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl., S. 11–30). New York, London: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Voss, T. & Kunter, M. (2011). Pädagogisch-psychologisches Wissen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 193–214). Münster: Waxmann.
- Wang, T. & Andre, T. (1991). Conceptual change text versus traditional text and application questions versus no questions in learning about electricity. *Contemporary Educational Psychology*, 16, 103–116. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(91\)90031-F](https://doi.org/10.1016/0361-476X(91)90031-F)
- Woolfolk Hoy, A., Davis, H. & Pape, S. (2006). Teachers' knowledge, beliefs, and thinking. In P.A. Alexander & P.H. Winne (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 715–737). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ziepprecht, K., Gimbel, K., Motyka, M. & Mayer, J. (2019). Fachunabhängige, fachspezifische und inhaltspezifische professionelle Überzeugungen von Lehramtsstudierenden. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung* (S. 263–273). Münster: Waxmann.
- Ziepprecht, K., Grospietsch, F. & Wulff, C. (2018). Biologische Texte effektiv lesen – mit einem eigenen Strategie-Werkzeugkasten zum erfolgreichen Textverstehen. In S. Nitz & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Biologie kompakt* (S. 5–10). Seelze: Friedrich.

Martina Sutter, Sandra Textor & Stefan Weber

Erfolgreiche Kooperation der 1. und 2. Phase der Lehrerbildung am Beispiel der Ausbildung von Biologielehrkräften an der Universität Kassel

Über die Lehrerbildungsforen, früher Didaktische Foren, heute Forum für Ausbildungskräfte Biologie und Treffen des Arbeitskreises hessischer Biologiedidaktiker und Biologiedidaktikerinnen, gibt es eine langjährige, gute, kollegiale und persönliche Beziehung zwischen dem Fachgebiet Didaktik der Biologie der Universität Kassel in Person von Jürgen Mayer und den Auszubildenden aus der zweiten Phase der Lehrerbildung der Studienseminare. Als im Sommer 2015 das Praxissemester in Hessen als Modellversuch startete und die Universität Kassel mit dessen Durchführung in den Schulformen L1 (Primarstufe) und L2 (Sekundarstufe I) beauftragt wurde, bot sich so die Gelegenheit, endlich auch ein gemeinsames Arbeitsfeld zu eröffnen. Das Wissen um die fachliche Kompetenz und die menschlichen Qualitäten von Jürgen Mayer machten die Entscheidung für eine Abordnung an die Didaktik der Biologie für die Ausbildungsleiterinnen und Ausbildungsleiter für das Fach Biologie der Studienseminare GHRF Kassel, Fritzlar und Fulda leicht und so erfolgte eine, nun bereits mehrjährige, erfolgreiche Zusammenarbeit. Die folgenden Ausführungen geben an drei Beispielen einen Einblick in die schul- bzw. unterrichtsorientierten Ausbildungsselektionsverfahren von Biologielehrkräften der Universität Kassel.

1 Das Praxissemester

Das Praktikum über die Dauer von mindestens 250 Stunden in den Schulen, das sind ca. 15 Wochen, und die damit verbundene, intensive Betreuung der Studierenden durch engagierte Mentorinnen und Mentoren im Fach Biologie hat sich erfolgreich in der Kasseler Schullandschaft etabliert. Die Studierenden erleben sich, durch den Einsatz über ein komplettes Halbjahr, als akzeptierter Teil des Jahrgangsteams eines Kollegiums, als Personen wahrgenommen und entsprechend wertgeschätzt.

Die Praktikantinnen und Praktikanten werden in den Kollegien fast immer als Bereicherung erlebt, da die Mentorinnen und Mentoren so Gelegenheit haben, mit jungen, interessierten Menschen gemeinsam Unterricht zu planen, durchzuführen und nachzubespochen. Für diesen intensiven Austausch über Unterrichtsqualität ist im hektischen Schulalltag ansonsten häufig kein Raum. Viele der Mentorinnen und Mentoren sind deshalb bereit, immer wieder neue Studierende aufzunehmen und betrachten dies als eine wichtige, dienstliche Aufgabe. Es soll hier nicht verschwiegen werden, dass durchaus hin

und wieder Verhaltensweisen einiger Studierender in Bezug auf Pünktlichkeit und Arbeitshaltung bei den Mentorinnen und Mentoren Verwunderung auslösten, aber fast immer nach intensiven Gesprächen eine positive Veränderung des Verhaltens der Praktikantinnen und Praktikanten eintrat. Die Besprechung und Reflexion der überfachlichen Kompetenzen für den Lehrerberuf, wie Kommunikations- und Konfliktfähigkeit, Selbstorganisation, Sozialkompetenz, Motivations- und Kooperationsfähigkeit im Verlauf des Praktikums, aber auch die Thematisierung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen nach den vier Unterrichtsversuchen werden mit großer Ernsthaftigkeit aller Beteiligten durchgeführt und lösen einen erstaunlichen Reifungsprozess aus. Die Studierenden entwickeln sich rasant und schildern dies auch in den Reflexionsgesprächen am Ende des Praxissemesters immer wieder eindrucksvoll. Hierzu Zitate aus „Ratgebern“ von Studierenden nach Beendigung ihres Praxissemesters an die, die gerade starten:

„Geht mit Spaß und Neugierde an die neuen Sachen heran, aber vergesst auch nicht, dass dies ein wichtiger Teil eures Studiums ist. Das, was ihr in den nächsten paar Monaten lernen werdet, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit lehrreicher als die letzten Semester, welche ihr schon hinter euch habt.“

„Nachdem ich nun mein Praxissemester absolviert habe, hoffe ich, dass die nächsten Praktikanten vielleicht von meinen Erfahrungen profitieren können. Zunächst muss gesagt werden, dass man keine Panik vor dem Praktikum haben muss. Es ist eine schöne, aber auch anstrengende Zeit gewesen, in der ich viel gelernt habe und meine Lehrerpersönlichkeit weiterentwickeln konnte.“

„Insgesamt bietet das Praxissemester eine einmalige Möglichkeit, vielseitig Erfahrungen zu sammeln und den Alltag einer Lehrperson näher kennen zu lernen.“

„Zum Schluss kann ich dir zur Einstellung sagen, dass du dich auf diese Erfahrung und Zeit in der Schule freuen kannst. Du wirst viele neue und vor allem andere Eindrücke von dem Geschehen in der Schule erhalten und dadurch auch selbst an den Erfahrungen wachsen.“

Das Praxissemester bietet also die Chance, einen veränderten Blick für den schulischen Alltag und die Aufgaben von Lehrerinnen und Lehrern zu entwickeln, als man aus der Schülerperspektive hatte. Die Studierenden sollen im Praxissemester ihre Eignung für den Lehrerberuf reflektieren sowie das Berufsfeld und die Institution Schule erkunden. Im Begleitseminar zum Praxissemester werden parallel dazu die zentralen Themenfelder

- Beobachten von Unterricht
- Eignungsreflexion und (Selbst-)Professionalisierung, Arbeiten mit Entwicklungszielen

- Erkunden und Entdecken von Diversität in der Schule
- Rollenwechsel, Lehrerrolle reflektieren und entwickeln
- Unterricht planen, durchführen und reflektieren

theoretisch erschlossen und in Übungen praktisch bearbeitet. Zudem wird in der Seminarzeit immer auch Raum für Erfahrungsaustausch untereinander gegeben.

Die Begleitung des Praxissemesters im Fach Biologie durch eine Fachleiterin des Studienseminars GHRF Kassel ermöglicht zum einen eine problemlose Rekrutierung von qualifizierten Mentorinnen und Mentoren aus den Reihen der ehemaligen Biologie-Referendare und -Referendarinnen, als auch zum anderen eine professionelle Beratungssituation nach den Unterrichtsversuchen. Zudem wird in der kooperativen und kollegial-konstruktiven Atmosphäre im Fachgebiet Didaktik der Biologie an der Universität Kassel ein curricularer, inhaltlicher Austausch zwischen erster und zweiter Phase der Lehrerbildung bewusst gefördert und erfolgreich umgesetzt. Hiervon profitieren beide Seiten durch Abgleich, Ergänzung und Inspiration in beruflichen Feldern.

Das Praxissemester ist trotzdem keinesfalls als „Mini-Referendariat“ angelegt oder wird so durchgeführt, wie vielfach vermutet wurde, da der Fokus, anders als im Vorbereitungsdienst, auf der Klärung des Berufswunsches liegt. Die Platzierung des Praxissemesters im 2. Studienjahr und damit sehr früh im Studium, ist hierfür richtig gewählt, wenn eine Änderung des Berufswunsches eintritt. Schwierigkeiten bereitet allerdings häufig das junge Alter der Studierenden und die damit einhergehende mangelnde Lebenserfahrung und der Rollenwechsel durch die zeitliche Nähe zur deren eigener Schulzeit.

2 Die Schulpraktischen Studien [SPS]

Neben der als Modellversuch in der Erprobungsphase durchgeführten L2-Ausbildung im Praxissemester, erfolgt die Praxisausbildung der L3 (Gymnasialstufe)-Studierenden derzeit weiterhin (noch) im ‚alten‘ System der Schulpraktischen Studien [SPS], die sich für die Biologie in zwei aufeinanderfolgenden Praktikumsphasen konkretisieren:

2.1 Schulpraktische Studien 1 (Blockpraktikum)

Zunächst haben die Studierenden in einem ersten allgemeinpädagogisch orientierten, fünfwöchigen Praktikum am Anfang ihrer Ausbildung die Möglichkeit, erste Erfahrungen mit dem System Schule aus Sicht einer Lehrkraft zu

sammeln und die eigene Berufswahlentscheidung vor diesem Hintergrund zu reflektieren. Darüber hinaus entwickeln sie auf Grundlage ihrer Praxiserfahrungen aber auch schon zu diesem frühen Zeitpunkt ihrer Ausbildung eine erste Arbeitstheorie, die sie im weiteren Verlauf ihres Studiums weiter differenzieren und ergänzen. Die reflexive Auseinandersetzung mit diesen subjektiven Theorien ist essentieller Bestandteil der Konkretisierung der Schulpraktischen Studien der Didaktik der Biologie in Kassel und legt somit einen Grundstein für die Entwicklung eines Selbstverständnisses als reflektierende Praktiker.

In der Didaktik der Biologie wird das über zwei Semester in drei Phasen (vorbereitendes Seminar, 5-wöchige Praktikumsphase, Nachbereitungsseminar) organisierte Praktikum fachorientiert akzentuiert, was sowohl die kooperative Erarbeitung der Theorieinhalte im Seminar als auch die Kooperation und Kommunikation mit den Praktikumschulen bei Unterrichtsbesuchen in hohem Maße erleichtert. Die zentralen Seminarinhalte beschäftigen sich neben den genannten reflexiven Schwerpunkten vor allem mit der Grundlegung von Kompetenzen im Kontext der Planung einer (Biologie-)Stunde.

2.2 Schulpraktische Studien 2 (Fachpraktikum)

In den sich anschließenden Schulpraktischen Studien 2, die im weiteren Verlauf des Studiums absolviert werden, zeigen die Studierenden im Vergleich mit den SPS1 schon einen substantiell reflektierteren Blick auf ihre Ausbildung und schulische Fragestellungen, was eine intensivere Vernetzung theoretischer und praktischer Fachaspekte ermöglicht. Durch die semesterbegleitende Struktur werden im Wechsel zwischen Theorieelementen und Praxiserprobungen in Lerntandems an Schulen unterrichtspraktische Entwicklungsvorhaben geplant, durchgeführt und reflektiert. Alle genannten Phasen werden dabei von zwei Dozierenden und schulischen Mentorinnen und Mentoren intensiv begleitet.

Im Fachgebiet Didaktik der Biologie gelang es, ein Team aus zwei ganz unterschiedlichen Personen für die Betreuung der SPS1- und SPS2-Praktika zu gewinnen, welches sich derzeit aus einer Studienrätin eines Kasseler Gymnasiums und einem Kollegen aus dem Studienseminar GHRF Fulda zusammensetzt (Stand bis 2020). Die hierdurch angelegte personelle Verbindung aller drei Phasen der Lehrerbildung ist im Hinblick auf eine umfassende Verzahnung universitärer, fachspezifischer Inhalte mit schulformspezifischen Anforderungsbedarfen besonders hilfreich, da die Zusammenarbeit und Kommunikation aller beteiligten Personen und Institutionen eine wesentlich frühere Anpassung der jeweiligen Phase an die individuellen Entwicklungsbedürfnisse angehender Lehrender ermöglicht. Trotz der Ausrichtung der SPS auf Stu-

dierende des gymnasialen Lehramtes werden – insbesondere in den SPS2 – nicht selten fachdidaktische Fragestellungen mit Blick auf alle Schulformen auf fachlicher, pädagogischer, schulorganisatorischer und schulrechtlicher Ebene konkretisiert und auch aktuelle Fragestellungen – bspw. der Arbeit in inklusiven Lehr-/Lern-Situationen – intensiv diskutiert und fachlich konkretisiert. Das sich hierdurch eröffnende Feld bietet den Studierenden ein hohes Maß an Orientierung auf einen langfristigen Lernprozess hin und kommende Lern- und Entwicklungs Herausforderungen für das Studium, Referendariat und die Tätigkeit als Lehrkraft.

Neben der reflexiven Auseinandersetzung und Weiterentwicklung der eigenen Konzeptionierung von Biologieunterricht werden, in Ergänzung zum vorangehenden Blockpraktikum, in dem eher einzelne Stunden im Fokus standen, nun vor allem die umfassendere Planung von Unterrichtseinheiten sowie der Blick auf längerfristige Bildungsaufgaben des Biologieunterrichtes thematisiert. Dies bietet gute Grundlagen für die im Referendariat geforderten Jahresplanungen.

2.3 Entwicklungsherausforderungen

Trotz der besonders positiven Rückmeldungen der Studierenden zu diesen Angeboten, die in vielen Fällen sinnstiftende Wirkungen auf das gesamte Studium haben, gibt es dennoch Möglichkeiten der weiteren Optimierung: Für die zielführende Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte wäre es günstig, wenn die angesprochenen Teamstrukturen, die sich aus der Vernetzung verschiedener Lehrämter ergeben, weiter auch institutionell verankert werden könnten. Hierdurch würden neben einer vertiefenden Diskussion fachdidaktischer Konzepte vor allem auch Teamteaching-Kompetenzen erworben werden, die für die zukünftig schulische Arbeit und die Kooperation in multiprofessionellen Teams unerlässlich sind.

3 Praxissimulationen

„So, wie in der Biodidaktik müsste ich auch in meinem zweiten Fach ausgebildet werden!“

„In Bio fühle ich mich gut auf die Schule vorbereitet.“

Solche Äußerungen oder so ähnlich, hört man oft von Studierenden, die Kurse in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel besuchen. Die Zi-

tate verdeutlichen, dass Studierende die Nähe des Fachgebiets zum Praxisfeld Schule zu schätzen wissen. Sie decken aber auch das Bedürfnis nach Praxisorientierung von Lehramtsstudierenden in der Universität auf, durch die sie sich besser auf das anschließende Referendariat und das spätere Berufsleben vorbereitet fühlen. Im Folgenden sollen zwei Kurse des Fachgebiets vorgestellt werden, die den Studentinnen und Studenten die Möglichkeit bieten, in einer Laborsituation unterrichtliches Handeln zu planen, auszuprobieren und zu reflektieren. Auf der Basis von naturwissenschaftlich und kerncurricular legitimierten Themenkatalogen werden biologische Lerninhalte entweder für eine 45-minütige oder eine 90-minütige Unterrichtssimulation unter mehr oder weniger intensiver Anleitung unterrichtlich entwickelt. Beide Kurse werden aktuell von einer Fachleiterin der Biologie des Studienseminars für GHRF durchgeführt, so dass eine maximale Anschlussfähigkeit angestrebt wird (Stand bis 2020).

Bei dem Kurs *Methoden und Medien des Biologieunterrichts* handelt es sich zum einen um eine flankierende Veranstaltung für alle Lehramtsstudierenden des Praxissemesters für die Sekundarstufe 1, zum anderen ist sie Teil der universitären Ausbildung für L3-Studierende. Der zweite Kurs *Themen und Konzepte des Biologieunterrichts* ist eine Grundlagenveranstaltung für alle Lehramtsstudierenden. Die Absicht, sich als zukünftige Biologielehrerinnen und -lehrer in einem begleiteten Setting gemeinsam mit Kommilitoninnen und Kommilitonen auszuprobieren und eigenes Handeln reflektierend in den Blick zu nehmen, stellt einen wesentlichen Beitrag zur Theorie-Praxis-Verschränkung in der Universität Kassel dar. Während im Kurs *Methoden und Medien des Biologieunterrichts* primär kooperative und kommunikative Unterrichtsmethoden in Kombination mit fachspezifischen Arbeitsweisen und Medien (digitale Medien eingeschlossen) im Vordergrund stehen, bilden biologische Themen und Inhaltsfelder der Mittelstufe des hessischen Kerncurriculums den Schwerpunkt des *Themen-und-Konzepte*-Kurses. Im Sinne des kumulativen Lernens sollen die im ersten Kurs erworbenen methodisch-medialen Kenntnisse im zweiten Kurs in biologische Kontexte sinnvoll eingebettet und vertieft werden. Wiederkehrende Planungs- und Reflexionsschleifen durch Vorbesprechungen, Umsetzung, Peergroup- und Kursleitungsfeedbacks (mündlich und schriftlich), die in einem abschließenden Seminarskript Ausdruck in einer Verschriftlichung von Planungs- und Umsetzungsgedanken durch die Studierenden finden, unterstützen diese auf ihrem Weg zum reflektierten Praktiker. Auf diese Grundlagen kann im anschließenden Referendariat zurückgegriffen und aufgebaut werden, indem die im geschützten Rahmen der Universität intensiv entwickelten biologischen Unterrichtskonzepte in

die Schulpraxis hineingetragen, praktisch erprobt und weiterentwickelt werden können.

4 Abschließende Worte

Wir als Ausbildungsleiterinnen und Ausbildungsleiter für das Fach Biologie der umliegenden Studienseminare GHRF zur Universität Kassel bedanken uns herzlich bei Jürgen Mayer für die intensive Zusammenarbeit und überaus wertvolle Verschränkung der universitären Biologieausbildung mit dem Referendariat. In dieser Zeit haben wir einen tiefen Einblick in die qualitativ extrem hochwertige Arbeit der Didaktik der Biologie gewonnen, aufgrund dessen wir im Referendariat zielgenauer anknüpfen können. Wir konnten unsererseits die Anschlussfähigkeit der praxisorientierten Veranstaltungen des Fachgebiets mit der Expertise des Referendariats weiter verdichten.

Die unter der Leitung von Jürgen Mayer entstandene Kooperation zwischen Universität und den Studienseminaren ist beispielhaft für eine ganzheitlich gedachte Lehrkräfteausbildung.

Gedanken zur Zukunft der Biologiedidaktik

Ute Harms

Bedeutung und Aufgaben einer universitären Didaktik der Biologie – Wo stehen wir und wo soll es hingehen?

Jürgen Mayer war zur Zeit der empirischen Wende in den Bildungswissenschaften in den 1990er Jahren Mitarbeiter am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) und Stellvertretender Abteilungsleiter. Ich habe ihn 1995, als ich als Postdoktorandin an das IPN kam, kennengelernt. Ende der neunziger Jahre erhielt Jürgen Mayer einen Ruf auf eine Professur an der Universität Gießen, ich kurz danach einen Ruf an die Ludwig-Maximilians-Universität in München. Trotz der örtlichen Trennung blieb unser kollegialer und schließlich auch freundschaftlicher Kontakt immer erhalten. Durch gemeinsame Publikationen, Gremienarbeit und nicht zuletzt durch die gemeinsame Leitung der FDdB-IPN-Nachwuchsakademie kam es kontinuierlich zu Begegnungen und fachlichen Diskussionen. Über viele Jahre hatten wir im ESNaS-Projekt („Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“) engen Kontakt. Eine wichtige Rolle spielt Jürgen Mayer für mich als Mitautor des von mir in Ko-Autorenschaft mit Harald Gropengießer und Ulrich Kattmann herausgegebenen Standardwerks für die Lehrerbildung „Fachdidaktik Biologie“, für das er seit mehreren Auflagen wichtige Arbeit als Autor leistet. Eine sehr schöne persönliche Erinnerung ist ein gemeinsames Wochenende mit der gesamten Familie Mayer bei uns in Scheuring in Oberbayern und einer Wanderung zum Kloster Andechs an einem sonnigen Herbsttag mit fachlichen und unfachlichen Gesprächen.

1 Didaktik der Biologie – ein kurzer Rückblick

Woher kommt unser Fach? – In einem kurzen Rückblick möchte ich zunächst auf die jüngere Geschichte der Didaktik der Biologie eingehen, bevor ich meinen Blick auf ihre Bedeutung und Aufgaben heute und in der nahen Zukunft richte. Die Didaktik der Biologie (DdB) ist eine junge Disziplin an deutschen Universitäten. Sie etablierte sich hier im Zuge der Integration der Pädagogischen Hochschulen (PH) in die Universitäten. Diese erfolgte – außer in Baden-Württemberg, wo es bis heute die PH noch gibt, die aber durch Promotions- und Habilitationsrecht den Status einer Universität besitzt – ungefähr ab den 1970er Jahren über einen langen Zeitraum hinweg. So ging beispielsweise die PH Kiel erst 1994 in der Christian-Albrechts-Universität auf. Die Pädagogischen Hochschulen waren ursprünglich nach 1945 in den Ländern aus verschiedenen Formen von Lehrerbildungsanstalten hervorgegangen. Ihr Schwer-

punkt lag entsprechend ihrer Vorgeschichte zunächst auch weiterhin auf der Ausbildung von Lehrkräften. Dies setzte sich auch nach Aufnahme der DdB in die Universitäten zum großen Teil fort. Ein klares wissenschaftliches Profil hatte die DdB zu diesem Zeitpunkt nicht. Mehr oder weniger beliebig wurde sie daher auch an manchen Standorten beispielsweise der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen, an anderen der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät zugeordnet. Auch politisch gab es in der Folge ihrer Aufnahme in die Hochschulen eine klare Tendenz, die gesamten Fachdidaktiken nicht als forschende Wissenschaften auszustatten. In einem vorläufigen Positionspapier der Hochschulrektorenkonferenz aus dem Jahr 1995 zu den Erwartungen an die Studierfähigkeit von Abiturientinnen und Abiturienten wird bezüglich einer Reform der Lehrerbildung gefordert, „*daß die Fachdidaktiken nicht durch Professuren auf Lebenszeit vertreten werden, sondern wissenschaftlich qualifizierte, d. h. promovierte, Schulpraktiker nach Ausschreibung und Auswahl durch die Hochschulen für Lehre und Forschung in der Fachdidaktik zeitlich befristet in die Hochschule wechseln*“ (KVFF, 1995, S. 13). Die zentrale – wenn nicht gar einzige – Aufgabe der Fachdidaktiken lag zu diesem Zeitpunkt aus Sicht der Bildungspolitik in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften. Daher war eine stärkere Anbindung der Fachdidaktiken an die Schulpraxis nur konsequent, hätte zugleich aber auch das Ende einer wissenschaftlichen Lehrerbildung und einer wissenschaftlichen Fachdidaktik bedeutet. Ausgehend vom IPN konnte diese Entwicklung abgewendet werden. Allerdings erwies es sich in dieser Zeit als schwierig, freiwerdende Professuren in der Didaktik der Biologie zu besetzen, denn erfolgreiche Kandidatinnen und Kandidaten mussten neben ihrer wissenschaftlichen Qualifikation in der Biologie mindestens drei Jahre praktische Unterrichtserfahrung in der Schule mitbringen. Diese Voraussetzung wurde erst nach und nach in den einzelnen Bundesländern aufgehoben.

Forschungsarbeiten in der DdB waren zu diesem Zeitpunkt vorwiegend stoffdidaktisch und hinsichtlich der Methodik geisteswissenschaftlich ausgerichtet. In den 1990er Jahren begann – ausgehend vom IPN – die Entwicklung der DdB als eine empirisch ausgerichtete, bildungswissenschaftliche Disziplin. Diese Entwicklung wird heute auch als die „empirische Wende“ in den Bildungswissenschaften bezeichnet. Die Lehr-Lern-Forschung rückte in den Mittelpunkt. In der zweiten Hälfte der 1990er Jahre reüssierten zum ersten Mal einzelne Kolleginnen und Kollegen (darunter auch Jürgen Mayer) mit Anträgen bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Damit hatte die DdB den „Goldstandard“ in der deutschen Wissenschaftslandschaft erreicht. Der Schwerpunkt in dieser Periode war die Lehr-Lern-Forschung, die sich insbesondere auf die qualitative Untersuchung von Schülervorstellungen zu unterschiedlichsten biologischen Inhalten sowie auf Interessenstudien konzentrierte. Darüber hinaus stand die Umweltbildung im Fokus, die jetzt aus der DdB

heraus durch den Einsatz standardisierter empirischer Methoden und theoretischer Fundierung durch psychologische Modelle einen deutlichen Qualitätssprung erfuhr (Jürgen Mayer spielte hierbei eine wesentliche Rolle). Betrachtet man die Forschungsarbeiten der letzten zwanzig Jahre in der DdB, so stehen vier Forschungsschwerpunkte bis heute heraus, die meist angetrieben wurden durch allgemeine bildungswissenschaftliche und bildungspolitische Entwicklungen. Dies ist zunächst die Einführung der Kompetenzorientierung des Unterrichts im Zusammenhang mit der Etablierung länderübergreifender Bildungsstandards (vgl. Klieme et al., 2004). Es folgten die Diskussion um den Umgang mit Heterogenität in Bildungskontexten und die Professionsforschung im (Biologie-)Lehramt. Die Digitalisierung von Hochschule und Schule stellt den jüngsten Forschungsschwerpunkt dar. Neben der Lehr-Lern-Forschung kamen im Laufe der Zeit vermehrt auch Projekte im Bereich der Unterrichtsforschung hinzu.

Die Etablierung des ersten Rahmenprogramms Empirische Bildungsforschung des BMBF im Jahr 2007 eröffnete den Fachdidaktiken und damit auch der DdB schließlich einen leichteren Zugang zu Drittmitteln, was wiederum die Möglichkeiten, (Post-)Doktorandinnen und -Doktoranden einzustellen, erleichterte. Durch die vermehrte Durchführung von Fortbildungen, insbesondere zu quantitativen sozialwissenschaftlichen Methoden durch die Sektion Fachdidaktik im VBIO und andere Fachgesellschaften, wurden komfortable Bedingungen für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler der DdB geschaffen, um sich für die empirische biologiedidaktische Forschung zu qualifizieren. Bereits im Jahr 1998 war durch die Einrichtung der Frühjahrsschule für den Nachwuchs in der DdB (durch den Vorgänger von Jürgen Mayer in der Biologiedidaktik der Universität Kassel, Helmut Vogt), ein wichtiges Instrument zur Nachwuchsförderung – auf Ebene des Doktorandenstatus – geschaffen worden. Durch die Gründung zweier europäischer Fachgruppen, der *European Science Education Research Association* (gegründet 1995) und der *European Researchers in Didactics of Biology* (gegründet 1996), ebenso wie durch eine zunehmende Beteiligung deutscher Biologiedidaktikerinnen und -didaktiker an Tagungen der *National Association of Research in Science Education* in den USA wurde ab der zweiten Hälfte der 1990er Jahre ein erster Schritt zur Internationalisierung der deutschsprachigen DdB getan.

2 Didaktik der Biologie – Wo wir stehen?

Welche Bedeutung hat die DdB heute und welche Aufgaben resultieren hieraus für sie? Dieser Frage soll im Folgenden an zwei der oben genannten Hauptforschungssträngen der DdB in jüngerer Zeit nachgegangen werden: der Professionsforschung und der Kompetenzforschung. Nach wie vor ergibt sich die Bedeutung der DdB an den Universitäten – und an den Pädagogischen Hochschulen sowieso – traditionell aus ihrer Beteiligung an der ersten Bildungsphase zukünftiger Biologielehrkräfte. An manchen Standorten übernehmen Kolleginnen und Kollegen aus der DdB darüber hinaus Lehre im Bereich der Hochschuldidaktik. Durch die Etablierung des Forschungs- und Entwicklungsprogramms „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ des BMBF (2014–2018; 2019–2023) eröffnete sich den Fachdidaktiken insgesamt ein neues Arbeitsfeld in engem Zusammenhang mit ihrer originären Aufgabe der Lehre und zugleich auch ein Zugang zu weiteren finanziellen Ressourcen. Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus vielen Universitäten verschiedenster Bundesländer arbeiten in dieser Offensive, die jetzt bereits in ihrem zweiten Förderzeitraum liegt. Dabei sind die inhaltlichen Schwerpunkte ausgerichtet auf die Vernetzung innerhalb der Lehrerbildung (über die Bereiche der Lehrerbildung Fach, Fachdidaktik, Pädagogik und Psychologie sowie über die verschiedenen Phasen der Lehrerbildung hinweg), auf den Umgang mit Heterogenität, die – fachübergreifende – Bildung für nachhaltige Entwicklung, die Digitalisierung und das Lehramt an beruflichen Schulen. Die wissenschaftlich begründete Weiterentwicklung der Lehrerbildung in ihren drei Phasen ist die zentrale Aufgabe der Fachdidaktiken und damit auch der DdB. In diesem Zusammenhang ist allerdings die Frage zu stellen, inwieweit innerhalb der Qualitätsinitiative die Forschung über eine Evaluation hinausgeht. Werden unter lokalen Bedingungen Einsichten über die Wirkung unterschiedlicher Modulkonzeptionen im Studium (beispielsweise eine engere inhaltliche Verzahnung von DdB und Biologie oder DdB und Pädagogik) erarbeitet, so ist offen, inwieweit diese auf andere Standorte übertragbar und generalisierbar auch für andere Fächer sind. Ergänzend sind hier kontrollierte Studien unter experimentellen Bedingungen notwendig, die beispielsweise das Zusammenspiel der drei Professionswissensbereiche von Lehrkräften – fachliches, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen – analysieren. Ein anschauliches Beispiel, das diese Fragestellung adressiert, ist die T-Knox-Studie zum Professionswissen angehender Lehrkräfte des Fachs Mathematik (Tröbst et al., 2018; Tröbst, Kleickmann, Depaep, Heinze & Kunter, 2019).

Die Professionsforschung im Lehramt wurde in den Naturwissenschaftsdidaktiken insbesondere angestoßen durch die COACTIV-Studie zum Fach Ma-

thematik. Zwischenzeitlich wurden für das Fach Biologie – meist im Verbund mit der Didaktik der Chemie und der Didaktik der Physik sowie Kolleginnen und Kollegen aus der Pädagogischen Psychologie – Projekte angestoßen (u. a. KoWADiS, ProWiN, KiL / KeiLa), in denen zunächst Tests zur Erfassung fachbezogenen und teilweise auch pädagogisch-psychologischen Professionswissens entwickelt wurden (Hartmann, Upmeier zu Belzen, Krüger & Pant 2015; Jüttner & Neuhaus, 2013; Großschedl, Welter & Harms, 2019). Damit stehen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der DdB jetzt valide Instrumente zur Erhebung biologiepädagogischen und biologischen Professionswissens für Quer- und Längsschnittstudien zur Verfügung. Trotz der im Zusammenhang mit diesen Testentwicklungen stehenden Modellierungsansätzen des *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) ist dieses Konstrukt nach wie vor nicht ausreichend geklärt, was sicherlich nicht zuletzt seiner „Zwischenstellung“ zwischen dem fachlichen, biologischen Wissen und dem allgemeinen, pädagogisch-psychologischen Wissen geschuldet ist. Darüber hinaus werden aktuell weitere Dimensionen von PCK diskutiert, die für die Biologie bisher so gut wie noch gar nicht untersucht wurden, für die Weiterentwicklung des Konstrukts ebenso wie für die Unterrichtsforschung in der Biologie aber hoch relevant sind. Hierunter fällt beispielsweise dessen Differenzierung in das kollektive, das persönliche und das sich in einer Handlung *de facto* manifestierende fachdidaktische Wissen (Carlson & Daehler, 2019).

Mit der Einführung der Bildungsstandards und der damit verbundenen Festlegung bestimmter Kompetenzbereiche und Kompetenzen für (u. a.) die naturwissenschaftlichen Schulfächer begann (als Folge der mediokren PISA-Ergebnisse in Deutschland im Jahr 2000) eine umfangreiche Bewegung in der gesamten Bildungsforschung, einschließlich der DdB. Ausgehend vom Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen, dem IQB in Berlin, wurde das Projekt ESNaS etabliert, in dem Tests zur Messung der Kompetenzen in den Fächern Biologie, Chemie und Physik in der Sekundarstufe I entwickelt wurden. Für das Fach Biologie fand diese umfangreiche Arbeit unter der Leitung von Jürgen Mayer statt. Gleichzeitig entwickelte sich die Modellierung von Kompetenzen, die in den Standards für die Biologie festgelegt worden waren, zu einem Schwerpunkt der Forschung in der DdB. Dies betraf die vier Kompetenzbereiche *Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung*. Während für die prozessbezogenen Kompetenzbereiche heute bereits verschiedene, gründlich validierte Modelle vorliegen (u. a. Eggert & Bögeholz, 2006; Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Reitschert & Hößle, 2007; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010; Ziepprecht et al., 2017), zeigt sich eine sehr deutliche Lücke im Bereich des inhaltsbezogenen Kompetenzbereichs „Umgang mit Fachwissen“. Allerdings zeichnet sich dieser – nach meiner Auf-

fassung als einziger – durch eine klare Biologie-Spezifität aus. Erste Ansätze im deutschsprachigen Raum finden sich zum Evolutionskonzept (Tibell & Harms, 2017). Um in der Modellierung fachkonzeptbezogener Kompetenzen weiterzukommen, wäre beispielsweise ein verstärkter Anschluss an die in der US-amerikanischen *Science Education Community* geführte Diskussion um *Learning Progressions* (z. B. Furtak, 2012) sinnvoll.

3 Didaktik der Biologie – Wo sollte es hingehen?

Die vorangegangenen Ausführungen stellen Ausschnitte der Geschichte und des aktuellen Forschungsstandes der DdB in Deutschland dar. Im Folgenden möchte ich an diese anknüpfend erläutern, was – aus meiner ganz persönlichen Sicht – in unserer Disziplin auf den Prüfstand gehört, und versuchen zu skizzieren, welche Maßnahmen mir für die Weiterentwicklung und Existenzsicherung einer wissenschaftlichen DdB an Universitäten in Deutschland notwendig erscheinen.

In seinem Aufsatz *Blick zurück nach vorn: Trend der Lehr-Lernforschung* schreibt Detlev Leutner (Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie an der Universität Duisburg-Essen) im Jahr 2000 in der Zeitschrift *Unterrichtswissenschaft*: „Zukünftige Untersuchungen werden aber zeigen müssen, ob die von der DFG in den 90er Jahren in den Fachdidaktiken angeschobene Lehr-Lernforschung tatsächlich auch zu Veröffentlichungen führt, die über den engen Bereich der jeweiligen Fachdidaktik hinaus zur Kenntnis genommen werden. Eine zentrale Voraussetzung dafür scheint zu sein, daß die derzeit zu beobachtende Veröffentlichungspraxis sich grundlegend ändert (...).“ (ebd., S. 36). Eine Sichtung der DFG-Jahresberichte sowie eine Umfrage unter Sachbeihilfeempfängern domänenbezogener Lehr-Lernforschungsprojekte hatte ergeben, dass domänenbezogene Projekte in der Mitte der 1990er Jahre einen hohen Anteil an allen von der DFG im sogenannten Normalverfahren im Fachgebiet Lehr-Lernforschung geförderten Projekten ausmachten. Leutner stellt aber fest, dass die von den Antragstellenden aus den Projekten heraus entstandenen fünf wichtigsten angegebenen Veröffentlichungen zum überwiegenden Teil in Sammelbänden erschienen und die an den Forschungsprojekten beteiligten Fachdidaktiker insbesondere in primär praktisch orientierten fachdidaktischen Zeitschriften publizierten. Detlev Leutner fügt hinzu: „Es gibt zu wenige englischsprachige Veröffentlichungen und Veröffentlichungen in solchen Zeitschriften, die regelmäßig von fachgebietsübergreifenden Literaturdatenbanken ausgewertet werden.“ (ebd., S. 36). Hat sich die von Detlev Leutner beschriebene Situation in den letzten zwanzig Jahren nennenswert verändert? In diesem Zeitraum ha-

ben die Vielfalt der Fördermöglichkeiten (durch das BMBF, die Länder, die EU, Stiftungen) und damit das Fördervolumen für die DdB deutlich zugenommen. Dies führte erfreulicherweise dazu, dass an den Universitäten die absolute Zahl der Mitarbeitenden in unserem Fach gestiegen ist. Spiegelt man dies jedoch an der Zahl und der Qualität der Publikationen, so ist mein Eindruck, dass es in dieser Hinsicht nur marginale Verbesserungen gibt. Überfliegt man die Publikationsangaben auf den Internetseiten der Professuren für die DdB in Deutschland, so bleibt in der Breite ein ähnlicher Eindruck auch heute zurück, wie ihn Detlev Leutner bereits vor zwanzig Jahren konstatierte: Veröffentlichungen vorwiegend in Sammelbänden, deutlich weniger in Zeitschriften mit „*Double-Blind-Review*“-Verfahren und wenige in englischsprachigen Publikationsorganen. Ein Unterschied besteht zur damaligen Situation jedoch darin, dass es heute eine Handvoll Standorte gibt, die aus dieser Masse hervorstechen und sogar bereits DFG-erfolgreichen Nachwuchs hervorgebracht haben. Aber dies sind, um die wissenschaftliche Reputation der DdB in den Fachbereichen der Universitäten zu verbessern, deutlich zu wenig. Um nicht falsch verstanden zu werden: Es geht nicht um mangelnde Produktivität, sondern um die Ausrichtung (im ersten Schritt für die Erkenntnis, im zweiten erst für die Anwendung) und um die wissenschaftliche Qualität der Produktivität. Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker der Biologie an Universitäten bespielen ein breites Feld: Sie schreiben Schulbücher und entwerfen Arbeitsmaterialien für den Biologieunterricht. Sie verfassen Beiträge für Biologielehrkräfte und Papiere für die Bildungspolitik, und sie betätigen sich in der Öffentlichkeitsarbeit zu lebenswissenschaftlichen Themen. Doch was davon ist Wissenschaft? Eine wissenschaftliche DdB – und wissenschaftlich muss sie ja sein, erhebt sie den Anspruch, durch Professuren an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen vertreten zu sein – hat neben den Aufgaben in der Lehre zunächst geordnetes, begründetes und als gesichert erachtetes Wissen zu schaffen, das – entsprechend dem Charakter einer angewandten Wissenschaft – die Grundlage für ihre Anwendungsbereiche, in unserem Fall die Vermittlung von Biologie an verschiedenste Adressatengruppen in unterschiedlichsten Bildungsformaten (formale, informelle) bildet. Eine sich anschließende wissenschaftliche Aufgabe ist dann beispielsweise die kontrollierte empirische Untersuchung der Wirkung dieser Formate, die aber über die reine Evaluation spezieller Programme hinausgeht. Wissenschaft bedeutet immer auch Dialog zwischen Experten. Dieser setzt die Veröffentlichung neuen Wissens, der mit geisteswissenschaftlichen oder empirischen Methoden erzeugten Erkenntnisse (in unserem Fall zum Beispiel über das Lernen und Lehren der Biologie, ihre Methoden und ihre Bewertung) voraus. Daher ist die Publikation dieser Arbeit ein dem wissenschaftlichen Prozess immer inhärentes Merkmal. In diesem Punkt bedarf

es einer massiven Weiterentwicklung unserer Disziplin insbesondere auch im internationalen Feld in hochrangigen Fachzeitschriften.

Mit der defizitären wissenschaftlichen Publikationslage der DdB eng verknüpft ist die geringe Zahl der erfolgreichen DFG-Projekte. Eine Förderung durch die DFG ist aus wissenschaftlicher Sicht ein Kennzeichen für hohe wissenschaftliche Qualität und sollte für die DdB (nicht das einzige, aber) ein prioritäres Ziel darstellen. Zwar nimmt die Zahl der Anträge im Einzelverfahren allmählich zu, aber die Antragstellung bzw. die Beteiligung an der Antragstellung für Graduiertenkollegs, Forschergruppen und Schwerpunktprogramme durch Kolleginnen und Kollegen der DdB ist nach wie vor äußerst gering. Auch hier ist Nachholbedarf angezeigt. Die FDdB-IPN-Nachwuchsakademie kann hier mittelfristig eine Unterstützung bieten, die notwendige Publikationsvorleistung jedoch ist eine *conditio sine qua non* für eine erfolgreiche Förderung durch die DFG und muss von jedem Einzelnen, jeder Einzelnen selbst geleistet werden. Eine Strategie, die Beteiligung der Kolleginnen und Kollegen an koordinierten Programmen der DFG zu verbessern, ist eine stärkere Vernetzung untereinander, also innerhalb der Gruppe der Kolleginnen und Kollegen der DdB, aber auch darüber hinaus mit Vertreterinnen und Vertretern anderer fachbezogener Bildungswissenschaften und mit Kolleginnen und Kollegen aus den allgemeinen Bildungswissenschaften und auch den Lebenswissenschaften notwendig. Entsprechende funktionierende Netzwerke zu bilden, benötigt Zeit. Daher ist dies insbesondere für den wissenschaftlichen Nachwuchs der DdB zentral.

Jenseits der beschriebenen Herausforderungen zu Publikationstätigkeit und DFG-Förderung sehe ich auch auf der inhaltlichen Ebene seit vielen Jahren eine bedenkliche Entwicklung, die ich als „Ent-Biologiesierung“ der DdB bezeichnen möchte. Originär biologische Konzepte und Inhalte treten vermehrt in den Hintergrund. Aktuelle Fragestellungen beziehen sich eher auf Formate (z. B. Forschendes Lernen) oder mediale Fragen des Lernens (z. B. Repräsentationsformen), die gleichermaßen in der Physik oder der Chemie, teilweise sogar darüberhinausgehend in nicht-naturwissenschaftlichen Fächern, ebenso bearbeitet werden könnten. Hier bildet Biologie lediglich ein Beispiel für allgemeinere Fragen des Lehrens und Lernens. Diese Fragen sind relevant und liefern wichtige Erkenntnisse auch für das Lehren und Lernen der Biologie und den Biologieunterricht. Nach meiner Auffassung aber sollten Fragestellungen der Bildungswissenschaft Biologie¹ vor allem aus den erkannten Defiziten des Lernens und Lehrens der „Wissenschaft des Lebens“ (Mayr, 1998) hervorge-

1 Hier ist der wissenschaftliche Bereich der Didaktik der Biologie gemeint. Die Bezeichnung Didaktik der Biologie ist sehr breit und umfasst zahlreiche, insbesondere auch nicht wissenschaftliche Aufgaben, weshalb hier die Bezeichnung Bildungswissenschaft Biologie verwendet wird.

hen. Ein wichtiger Ausgangspunkt hierfür sind beispielsweise die umfangreichen nationalen und internationalen Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung in der Biologie, aus denen sich wichtige Fragen und Hypothesen für die weitere Forschung ableiten ließen. Dies würde gleichzeitig wegführen von den derzeit noch immer dominierenden eher beschreibenden Studien hin zu Interventionsstudien, deren Ziel es sein sollte, theoriegeleitet und empirisch überprüfte lernförderliche Maßnahmen für das Lernen der Biologie herauszuarbeiten.

Ein vertieftes biologisches Verständnis ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass die tiefgreifenden globalen Probleme, vor denen die Menschheit heute steht, begriffen werden können. So müssen beispielsweise evolutionäre Prinzipien verstanden werden, um die Gefahr der Entwicklung von Antibiotikaresistenzen nachzuvollziehen; die Bedeutung der Biodiversität ebenso wie ökologische Zusammenhänge müssen begriffen werden, um die existenzielle Gefahr durch Prozesse im Kontext des Klimawandels und die Bedrohung der Ernährungsgrundlagen des Menschen nachzuvollziehen. Nach meiner Auffassung ist die vorderste Aufgabe der DdB heute, aufbauend auf der Grundlage gefestigter psychologischer und teilweise auch sozialwissenschaftlicher Theorien, empirisch gesichertes Wissen dazu zu erarbeiten, welches biologische Wissen und welche Kompetenzen notwendig sind, um zukünftige Generationen auf diese Herausforderungen vorzubereiten, und wie diese erfolgreich vermittelt werden können. In diesem Zusammenhang ist auch ein Zusammenwachsen der Forschungsaktivitäten im Bereich der Bildung für nachhaltige Entwicklung, die noch vorwiegend in der Umweltpädagogik verortet ist, und denjenigen in der Bildungswissenschaft Biologie dringend erforderlich.

Literatur

- Carlson, J. & Daehler, K.R. (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 science teaching* (S. 77–92). Singapore: Springer.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. Teilkompetenz Bewerten, Entscheiden und Reflektieren für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 199–217.
- Furtak, E.M. (2012). Linking a Learning Progression for Natural Selection to Teachers' Enactment of Formative Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1181–1210. <https://doi.org/10.1002/tea.21054>
- Großschedl, J., Welter, V. & Harms, U. (2019). A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: The PCK-IBI.

- Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), 402–439. <https://doi.org/10.1002/tea.21482>
- Hammann, M., Phan, T.T.H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Kompetenzen beim Experimentieren zu messen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft 8*, 33–49. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_3
- Hartmann, S., Upmeyer zu Belzen, A., Krüger, D. & Pant, H.A. (2015). Scientific reasoning in Higher Education: Constructing and Evaluating the Criterion-Related Validity of an Assessment of Preservice Science Teachers' Competencies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 47–53. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000199>
- Jüttner, M. & Neuhaus, B.J. (2013). Validation of a paper-and-pencil test instrument measuring biology teachers' pedagogical content knowledge by using think-aloud interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113–125. <https://doi.org/10.11114/jets.v1i2.126>
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H.-J. (2004). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Berlin.
- KVFF (Hrsg.) (1995). *Fachdidaktik in Forschung und Lehre*. Kiel: IPN.
- Leutner, D. (2000). Blick zurück nach vorn: Trend der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 28(1), 30–37.
- Mayr, E. (1998). *Das ist Biologie... Die Wissenschaft des Lebens*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Reitschert, K. & Hößle, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten – Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Tibell, L.A.E. & Harms, U. (2017). Biological principles and threshold concepts for understanding natural selection – implications for developing visualizations as a pedagogic tool. *Science & Education (SCED)*, 26(7), 953–973. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9935-x>
- Tröbst, S., Kleickmann, T., Depaepe, F., Heinze, A. & Kunter, M. (2019). Effects of instruction on pedagogical content knowledge about fractions in sixth-grade mathematics on content knowledge and pedagogical knowledge. *Unterrichtswissenschaft*, 47, 79–97. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00041-y>
- Tröbst, S., Kleickmann, T., Heinze, A., Anschütz, A., Rink, R. & Kunter, M. (2018). Teacher knowledge experiment: Testing mechanisms underlying the formation of preservice elementary school teachers' pedagogical content knowledge concerning fractions and fractional arithmetic. *Journal of Educational Psychology*, 110, 1049–1065. <https://doi.org/10.1037/edu0000260>
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. Struktur und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H.E., Kauertz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung na-

turwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell zur Evaluation der Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 113–125. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0061-8>

Autorinnen und Autoren¹

Dr. Julia Arnold

Studentische Hilfskraft von 2008–2010 an der Justus-Liebig Universität Gießen im Institut für Biologiedidaktik und 2010–2015 Promovendin und wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin im ZNTD – Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik der Pädagogischen Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW).

Anne Cohonner

Promotionsstipendiatin von 2014–2017 in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2019 Lehrkraft an der Oberschule Uplengen.

Dr. Gabi Dübbelde

Promovendin und Projektmitarbeiterin von 2009–2012 im BMBF-Verbundprojekt „Professionsorientierte Lehrerbildung – Horizontale und vertikale Vernetzung fachdidaktischer, pädagogisch-psychologischer und schulpraktischer Ausbildungsanteile zum Aufbau diagnostischer Kompetenzen“ im Institut für Biologiedidaktik an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Seit 2012 hochschuldidaktische Referentin am Hochschuldidaktischen Kompetenzzentrum (HDK) im Zentrum für fremdsprachliche und berufsfeldorientierte Kompetenzen (ZfbK) an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Dr. Vanessa Fischer

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer im DFG-Projekt „Leistungsunterschiede in Kompetenztests in den Fächern Biologie und Chemie – die Rolle von Interesse und Motivation (IMBLiCK)“ von 2013–2016. Seit 2013 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen.

Katharina Gimbel

Seit 2016 Promovendin und wissenschaftliche Mitarbeiterin im BMBF-Projekt „Contemporary Science“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel.

1 Kursiv gesetzt wurden die Zeiten der Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer.

Prof. Dr. Dittmar Graf

Als Studienrat im Hochschuldienst am Institut für Biologiedidaktik der Justus-Liebig-Universität Gießen zwischen 1999 und 2001. Seit 2012 Professor für Biologiedidaktik am Institut für Biologiedidaktik der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Dr. Finja Grospietsch

Promovandin von 2016–2020 im BMBF-Projekt „Kognitionspsychologische Konzepte zur Förderung von nachhaltigem Lernen und Transfer in Biologie und Mathematik“ in der Didaktik der Biologie der Universität Kassel. Seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie und Leiterin eines Handlungsfeldes im BMBF-Projekt PRONET² an der Universität Kassel.

Prof. Dr. Marcus Hammann

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer im Rahmen von: Kerncurriculum und Standards für die Oberstufe Biologie (2004), BMBF-Verbundprojekt Biologie im Kontext (BIK), Vorstandsarbeit der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Bildungsstandards im Fach Biologie (2020). Seit 2005 Professor der Didaktik der Biologie und Leiter des Zentrums für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster sowie von 2011 bis 2017 Vorsitzender der Fachsektion Didaktik der Biologie.

Prof. Dr. Ute Harms

Seit den 1990er Jahren des letzten Jahrhunderts kontinuierliche kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer, u. a. am IPN in Kiel, im ESNaS-Projekt am IQB in Berlin sowie in der gemeinsamen Leitung der FDdB-IPN-Nachwuchsakademie. Seit 2007 Direktorin am IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik sowie Professorin für Didaktik der Biologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 2007 bis 2011 Vorsitzende der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO und bis 2013 Mitglied des Vorstands.

Daniel Horn

Seit 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promovend im BMBF-Projekt „Life Science Labor – Vernetztes Lehren und Lernen in der Biologie“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2021 Handlungsfeldkoordinator des Handlungsfelds III im BMBF-Projekt PRONET² an der Universität Kassel.

Marit Kastaun

Seit 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin und seit 2018 Promovendin in der AG „Digitales Lehren und Lernen im Biologieunterricht“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel.

Prof. Dr. Kerstin Kremer

Studienrätin und Akademische Rätin von 2006–2014 in der Didaktik der Biologie an den Universitäten Gießen und Kassel. Seit 2019 Professorin des Fachgebietes Didaktik der Biologie des IDN – Institut für Didaktik der Naturwissenschaften an der Leibniz Universität Hannover.

Dr. Hagen Kunz

Pädagogischer Mitarbeiter von 2004–2012 am Institut für Biologiedidaktik der Justus-Liebig-Universität Gießen und Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer im Lehrerbildungsprojekt „Kompetenzorientiert Unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ von 2008–2011. Seit 2013 Leitung der Didaktik der Biologie der Universität Siegen.

Prof. Dr. Armin Lude

Wissenschaftler am IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (1996–2001); wie Jürgen Mayer in der Abteilung Biologie. Beratung durch Jürgen Mayer bei der Suche nach einem Promotionsthema und in der Promotion. Seit 2008 Professor für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg, Institut für Biologie.

Dr. Monique Meier

Promotionsstipendiatin von 2009–2012 an der Justus-Liebig Universität Gießen im Institut für Biologiedidaktik und externem Arbeitsplatz in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin, Leiterin der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX) und Arbeitsgruppenleitung zum „Digitalen Lehren und Lernen im Biologieunterricht“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel.

Lars Meyer-Odewald

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer im Projekt „Kontrastieren und Vergleichen in der Lehrerbildung“ von 2019–2020. Seit 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Didaktik der Physik an der Universität Kassel.

Dr. Mariella Rothe

Promovendin und Projektmitarbeiterin von 2013–2017 im DFG-Projekt „Leistungsunterschiede in Kompetenztests in den Fächern Biologie und Chemie – die Rolle von Interesse und Motivation (IMBLiCK)“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Von 2017–2019 als Lehrkraft im Vorbereitungsdienst an der Jacob-Grimm Schule sowie an der Heinrich-Schütz-Schule in Kassel und seit 2020 als Lehrkraft an der Sekundarschule Warburg tätig.

Prof. Dr. Philipp Schmiemann

Erste Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer als Doktorand an der Universität Duisburg-Essen im Rahmen des BMBF-Projekts „Biologie im Kontext“ von 2005–2008 sowie später im Vorstand der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO. Seit 2012 Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen sowie seit 2017 Vorsitzender der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO.

Prof. Dr. Julia Schwanewedel

Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektmitarbeiterin von 2010–2013 im Verbundprojekt „Evaluation der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Naturwissenschaften (ESNaS)“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2020 Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Hamburg.

Dr. Christiane Specht

Wissenschaftliche Mitarbeiterin von 2005–2009 u. a. im BMBF-Projekt „Biologie im Kontext“ im Institut für Biologiedidaktik an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Geschäftsstelle des Niedersächsischen Verbundes zur Lehrerbildung.

Prof. Dr. Sandra Sprenger

Studentische Hilfskraft (2000–2004) und nach dem Referendariat Promotionsstipendiatin von 2006–2009 im Institut für Biologiedidaktik an der Justus-Liebig Universität Gießen. Seit 2014 Professorin für Erziehungswissenschaft unter besonderer Berücksichtigung der Didaktik der Geographie an der Universität Hamburg.

Irina Streich

Promovendin und Projektmitarbeiterin von 2015–2020 im Teilprojekt im Rahmen des interdisziplinären LOEWE-Schwerpunkts der Universität Kassel „Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen: Kognitive Mechanismen, Entwicklungsvoraussetzungen und effektive Umsetzung im Unterricht“ in der Didaktik

der Biologie an der Universität Kassel. Seit August 2020 Studienrätin an der Melanchthon-Schule Steinatal in Willingshausen.

Prof. Dr. Elke Sumfleth

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer von 2007–2014 im Verbundprojekt „Evaluation der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Naturwissenschaften (ESNaS)“ und der Entwicklung der Bildungsstandards für das Abitur in den Naturwissenschaften seit 2018 sowie von 2013–2015 in dem DFG-Projekt „Leistungsunterschiede in Kompetenztests in den Fächern Biologie und Chemie – die Rolle von Interesse und Motivation (IMBLiCK)“. Seit 2018 Senior-Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen.

Martina Sutter

Pädagogische Mitarbeiterin von 2015 bis 2020 in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2006 Rektorin als Ausbildungsleiterin an der Hessischen Lehrkräfteakademie im Studienseminar für Grund-, Haupt-, Real- und Förderschulen in Fritzlar.

Sandra Textor

Seit 2001 Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer bei den Lehrerbildungsforen Biologie (heute Forum der Ausbildungskräfte-Biologie) und an gemeinsamen Publikationen. Seit 2006 Rektorin als Ausbildungsleiterin an der Hessischen Lehrkräfteakademie im Studienseminar für Grund-, Haupt-, Real- und Förderschulen in Kassel mit Außenstelle Eschwege. Seit 2015 Pädagogische Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel.

Prof. Dr. Detlef Urhahne

Jürgen Mayer war 2008 Gutachter meiner Habilitation zum Thema „Lernmotivation, epistemologische Überzeugungen und forschendes Lernen in den Naturwissenschaften“. Seit 2013 Professor für Psychologie mit Schwerpunkt Pädagogische Psychologie an der Universität Passau.

Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer und anderen Kolleginnen und Kollegen im BMBF-Verbundprojekt „Professionsorientierte Lehrerbildung – Horizontale und vertikale Vernetzung fachdidaktischer, pädagogisch-psychologischer und schulpraktischer Ausbildungsanteile zum Aufbau diagnostischer Kompetenzen“ von 2008–2012. Seit 2007 Professorin für Didaktik der Physik an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Prof. Dr. Maik Walpuski

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer von 2007–2014 im Verbundprojekt „Evaluation der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Naturwissenschaften (ESNaS)“ und der Entwicklung der Bildungsstandards für das Abitur in den Naturwissenschaften seit 2018 sowie von 2013–2015 in dem DFG-Projekt „Leistungsunterschiede in Kompetenztests in den Fächern Biologie und Chemie – die Rolle von Interesse und Motivation (IMBLiCK)“. Seit 2011 Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen.

Stefan Weber

Seit 2016 Pädagogischer Mitarbeiter in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2004 Rektor als Ausbildungsleiter an der Hessischen Lehrkräfteakademie im Studienseminar für Grund-, Haupt-, Real- und Förderschulen in Fulda mit Außenstelle in Bad Hersfeld.

Dr. Nicole Wellnitz

Wissenschaftliche Mitarbeiterin von 2007–2014 im Verbundprojekt „Evaluation der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Naturwissenschaften (ESNaS)“ im Institut für Biologiedidaktik an der Justus-Liebig Universität Gießen und in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Bis 2016 Arbeitsgruppenleiterin des Projekts „Individualisierung von Unterricht“ in der Didaktik der Biologie der Universität Kassel. Seit 2016 Lehrkraft an der Anedore-Leber-Grundschule Berlin.

Prof. Dr. Rita Wodzinski

Zusammenarbeit mit Jürgen Mayer in der Lehre im Bereich des Sachunterrichts von 2009–2020, in der Forschung seit 2015 im Rahmen der Kasseler Projekte PRONET und PRONET² der Qualitätsoffensive Lehrerbildung und des Projekts „Kontrastieren und Vergleichen in der Lehrerbildung“. Seit 2000 Professorin für Didaktik der Physik an der Universität Kassel.

Julia Wolowski

Seit 2019 wissenschaftliche Kooperation mit Jürgen Mayer zur Promotion. Seit 2014 wissenschaftliche Mitarbeiterin und Mitarbeiterin in der Lehre in der Didaktik der Biologie an der Universität Siegen.

Dr. Claudia Wulff

Seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Von 2010–2015 beteiligt am Aufbau und in der Leitung der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX). Stellvertretungsprofessur in der Didaktik der Biologie der Universität Kassel im WS 20/21.

Dr. Kathrin Ziepprecht

Promotionsstipendiatin und Mitarbeiterin von 2011–2014 im Projekt „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“ in der Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seit 2020 Teil der Projektleitung und Projektmanagerin im Projekt „PRONET-D – Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk“ an der Universität Kassel.

Dr. Gundula Zubke

Seit 1999 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Justus-Liebig-Universität Gießen und bis 2005 Doktorandin von Jürgen Mayer. Seit 2006 Studienrätin im Hochschuldienst im Institut für Biologiedidaktik der Justus-Liebig-Universität Gießen.

