pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Huwer, Johannes [Hrsg.]; Wilke, Timm [Hrsg.]; Banerji, Amitabh [Hrsg.]; Müller, Stefan [Hrsg.]

Progress in digitalisation in chemistry education. Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz

Münster ; New York : Waxmann 2026, 98 S.

Quellenangabe/ Reference:
Huwer, Johannes [Hrsg.]; Wilke, Timm [Hrsg.]; Banerji, Amitabh [Hrsg.]; Müller, Stefan [Hrsg.]: Progress in digitalisation in chemistry education. Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz. Münster ; New York : Waxmann 2026, 98 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-366844 - DOI: 10.25656/01:36684; 10.31244/9783818851637

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-366844
https://doi.org/10.25656/01:36684

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-License: 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



Johannes Huwer, Timm Wilke,
Amitabh Banerji, Stefan Müller (Hrsg.)

Progress in Digitalisation in Chemistry Education

Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz

WAXMANN

Johannes Huwer, Timm Wilke,
Amitabh Banerji, Stefan Müller (Hrsg.)

Progress in Digitalisation in Chemistry Education

Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz



Waxmann 2026
Münster · New York

Die Open-Access-Publikation wurde gefördert durch
den Publikationsfonds der Universität Konstanz.

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 978-3-8188-0163-2
E-Book-ISBN 978-3-8188-5163-7
https://doi.org/10.31244/9783818851637

Waxmann Verlag GmbH, Münster 2026
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Anne Breitenbach, Münster
Umschlagabbildung: KI-generiert mit ChatGPT
Satz: Roger Stoddart, Münster

Das E-Book steht open access unter der Creative-Commons-Lizenz
CC BY-NC-SA 4.0 zur Verfügung.



Diese Lizenz gilt nur für das Originalmaterial. Alle gekennzeichneten Fremdinhalte (z.B. Abbildungen, Fotos, Zitate etc.) sind von der CC-Lizenz ausgenommen und für deren Wiederverwendung ist es ggf. erforderlich, weitere Nutzungsgenehmigungen beim jeweiligen Rechteinhaber einzuholen.

Inhalt

Vorwort 7

Nikolai Maurer, Sabrina Syskowski und Johannes Huwer
Reaktionsgleichungen aufstellen – adaptiv mit Augmented Reality 9

Mathea Brückner, Nikolai Maurer und Johannes Huwer
Künstliche Intelligenz im und für den naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen
Einblicke in die Fortbildung und Fortbildungsergebnisse 15

Cilia Rücker und Sebastian Becker-Genschow
ADA MINToring
Förderung von Lernwirksamkeit und Geschlechtergerechtigkeit im MINT-Unterricht durch einen personalisierten KI-Chatbot 21

Lisa Schnödewind, Diana Zeller und Claudia Bohrmann-Linde
Informationsbewertung bei KI-Chatbots im Chemieunterricht
Ein didaktisches Lernsetting zum Thema Brennstoffzellen im Projekt I-KICC 27

Erik Kremser und Maja Stützer
Was soll es denn sein?
Eine Datenbank von Versuchen für den Physikunterricht 33

Erik Kremser und Anne Carolin Koß
Lernplattform zum Erwerb digitalisierungsbezogener Kompetenzen in einer Institution am Beispiel des Fachbereichs Physik der TU Darmstadt 39

Julia Albicker, Christoph Thyssen und Johannes Huwer
Informatik unplugged in der Chemie?
Naturwissenschaftliche Prozesse als Algorithmen dargestellt 45

Julia Lademann und Sebastian Becker-Genschow
Custom KI-Chatbots zur Unterstützung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen
Thematische Einführung und Ergebnispräsentation einer Pilotstudie 53

Timon Saatzer, Sabrina Syskowski, Miriam Unterlass und Johannes Huwer
Festkörperchemie virtuell anfassen mit Head-Mounted Display Augmented Reality 59

Nils Fitting und Johann-Nikolaus Seibert
Binnendifferenzierung mit KI-generierten Lernhilfen 67

Philipp Pawels, Christoph Thyssen und Johannes Huwer
Digitale Kompetenzen messen
Entwicklung und Validierung von unterrichtsvignetten-basierten Tests für naturwissenschaftliche Lehrkräfte im Rahmen von DiKoLAN 73

Sabrina Syskowski
Effektive Integration generativer KI-Tools im chemischen akademischen Kontext – ein Seminarkonzept 79

Erik Kremser und Markus Weber
Die begehbare Datenbank
360-Grad-Umgebung für eine Gerätesammlung 85

Lisa Zöllner und Jolanda Hermanns
Digitale Lernumgebungen für das kollaborative Lösen komplexer Aufgabenstellungen in der OC 91

Die Herausgeber 97

Die Autor*innen 99

Vorwort

Die Digitalisierung prägt Bildung und Gesellschaft heute stärker denn je. Während digitale Medien inzwischen selbstverständlicher Bestandteil schulischer und universitärer Lehr- und Lernprozesse geworden sind, hat insbesondere die rasante Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz (KI) die Diskussion um die Zukunft von Bildung grundlegend verändert. Fragen nach den Potenzialen, Grenzen und Herausforderungen KI-gestützter Werkzeuge bestimmen zunehmend die fachdidaktische Forschung und Unterrichtspraxis. Damit verbunden sind neue Anforderungen an Lernende, Lehrkräfte und Bildungseinrichtungen, die weit über die reine Nutzung digitaler Technologien hinausgehen.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Auseinandersetzung mit digitalisierungsbezogenen Kompetenzen und einer reflektierten KI-Nutzung im Chemieunterricht weiter an Bedeutung. Neben der Entwicklung innovativer digitaler Lernumgebungen rücken zunehmend Aspekte wie AI Literacy, Informationsbewertung, Personalisierung von Lernprozessen sowie die Professionalisierung von Lehrkräften in den Fokus. Gleichzeitig eröffnen Technologien wie Augmented Reality, adaptive Lernsysteme und KI-basierte Assistenzsysteme neue Möglichkeiten, chemische Konzepte anschaulich zu vermitteln und Lernprozesse individueller zu gestalten. Die Beiträge des vorliegenden Bandes spiegeln diese Entwicklungen eindrucksvoll wider und zeigen zugleich, dass technologische Innovationen stets mit didaktischen, ethischen und gesellschaftlichen Fragestellungen verknüpft sind.

Die Arbeitsgruppe DiCE (Digitalisation in Chemistry Education) versteht sich seit ihrer Gründung als offenes Forum für den Austausch über digitale Innovationen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Was mit der ersten Online-Tagung im Jahr 2020 begann, hat sich zu einer etablierten Plattform entwickelt, auf der Forschende, Lehrkräfte und Nachwuchswissenschaftler*innen aktuelle Entwicklungen diskutieren, Erfahrungen austauschen und gemeinsam Perspektiven für die Weiterentwicklung des Chemieunterrichts entwickeln.

Der vorliegende Band versammelt ausgewählte Beiträge der DiCE-Tagung 2025. Die Autor*innen präsentieren aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu den Chancen und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz, digitalen Lernumgebungen und innovativen Formen der Lehrkräftebildung. Alle Beiträge wurden im Rahmen eines Single-Blind-Peer-Review-Verfahrens von jeweils zwei Gutachter*innen begutachtet und überarbeitet. Dadurch dokumentiert der Band nicht nur aktuelle Entwicklungen, sondern leistet zugleich einen Beitrag zur wissenschaftlichen Fundierung digitalisierungsbezogener Innovationen im Chemieunterricht.

Unser besonderer Dank gilt den Unterstützer*innen der DiCE-Initiative sowie allen Autor*innen und Gutachter*innen, die durch ihr Engagement die Realisierung dieses Bandes ermöglicht haben. Ihr Einsatz trägt dazu bei, den wissenschaftlichen Diskurs zur Digitalisierung und zu Künstlicher Intelligenz im naturwissenschaftlichen Unterricht weiter voranzubringen.

Wir hoffen, dass die Beiträge dieses Bandes Anregungen für Forschung, Lehre und Unterricht geben, neue Perspektiven eröffnen und dazu beitragen, die Chancen digitaler Technologien kritisch, reflektiert und lernwirksam für den Chemieunterricht der Zukunft zu nutzen.

Prof. Dr. Johannes Huwer, Prof. Dr. Timm Wilke,
Prof. Dr. Amitabh Banerji und Prof. Dr. Stefan Müller

Nikolai Maurer, Sabrina Syskowski und Johannes Huwer

Reaktionsgleichungen aufstellen – adaptiv mit Augmented Reality

1 Hintergrund

Die Vermittlung von Kompetenzen, um chemische Reaktionen beschreiben zu können, nimmt einen zentralen Platz im ersten Lernjahr Chemie ein. Insbesondere Schüler*innen in die Lage zu versetzen, eine Reaktion mittels Reaktionsgleichung formalisieren zu können, schafft eine wichtige Grundlage für deren weiteres Lernen im Fach Chemie (Kultusministerium Baden Württemberg, 2022). Gleichzeitig kann das Aufstellen von Reaktionsgleichungen eine nicht triviale Herausforderung für viele Schüler*innen darstellen (Taskin & Bernholt, 2014); gefordert werden u. a. Fähigkeiten, um Stoff-, Teilchen- und Symbolebene miteinander zu verknüpfen (was wiederum ein hohes Abstraktionsvermögen erfordert (vgl. Johnstone, 2000)) oder stöchiometrische Koeffizienten und Indices entsprechend der Massenerhaltung zu berechnen (Al-Kunifed, 1993). Umso wichtiger ist es folglich, Schüler*innen – entsprechend ihren individuellen Voraussetzungen – beim Erlernen, Vertiefen und Üben dieser grundlegenden Kompetenzen bestmöglich zu unterstützen. Eine technische Möglichkeit zur adaptiven Unterstützung von Schüler*innen beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen ist die Verwendung von Augmented Reality; durch die Nutzung dieser Technologie ist es möglich die physische Welt bzw. Gegenstände (z. B. Arbeitsblätter) mit virtuellen Inhalten anzureichern (Azuma, 1997) und so interaktive Lernumgebungen zu schaffen. Im Kontext des Chemieunterrichts ergeben sich somit Möglichkeiten, durch Anreicherungen von Unterrichtsmaterialien mit verschiedenen (optionalen) Hilfestellungen – z. B. 3D-Visualisierungen der Teilchenebene (Barth et al., 2021) – die Lernprozesse der Schüler*innen adaptiv zu unterstützen. Unklar hierbei ist jedoch, welchen Einfluss das Maß an Autonomie auf Schüler*innen hat, welches sich aus der Bereitstellung unterschiedlich vieler AR-Unterstützungsangebote ergibt.

Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen bzw. Gestaltung einer thematisch passenden Lerneinheit kann Chemielehrkräfte jedoch vor immense Herausforderungen stellen und findet daher im alltäglichen Unterricht selten statt (Letzel & Otto, 2019). Ziele des Projekts MINT-ProNeD aus dem Kompetenzverbund lernen:digital sind, Lehrkräfte im Umgang mit heterogenitätsbedingten Herausforderungen weiterzubilden und dadurch die individualisiertere Förderung prozessbezogener Kompetenzen von Schüler*innen (wie bspw. die Verwendung von „Fachsprache“ zur Beschreibung von Reaktionen) zu ermöglichen. Insbesondere die Nutzung bzw. Fortbildung zur Nutzung verschiedener Zukunftstechnologien, wie Künstliche Intelligenz (KI), Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR), wird als Möglichkeit gesehen, dieser Zielsetzung – bspw. durch die Generierung entsprechender technologiegestützter Lernumgebungen – zu entsprechen. Neben klassischen Lehrkräftefortbildungsformaten werden in diesem Zuge auch Konzepte kooperativer Unterrichtsentwicklung wie

bspw. die Bildung von und Arbeit in professionellen Lerngemeinschaften (PLGs) angewendet; PLGs stellen ein effektives Format zur Erarbeitung von Unterrichtsideen und -konzepten sowie zur Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Unterricht dar (Bonsen & Rolff, 2006; Borko, 2004) weshalb sie sich als Arbeitsformat für dieses Projekt explizit anbieten.

2 Forschungsvorhaben

2.1 Forschungsinteressen

Zur Adressierung der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Kompetenzen und Problematiken im Kontext des Aufstellens von Reaktionsgleichungen durch Schüler*innen bzw. der Gestaltung digital-adaptiven Chemieunterrichts wird im Rahmen des Projekts MINT-ProNeD und in Kooperation mit einer gebildeten PLG ein AR-gestütztes Lernsetting nach den Prinzipien der Partizipativen Aktionsforschung (PAF) (vgl. Eilks & Ralle, 2002) entwickelt und evaluiert. Gegenstand der Evaluation sind:

A Gestaltung, Benutzbarkeit und Inhalt der AR-Lernumgebung.
B Art und Weise der Nutzung der AR-Lernumgebung (bspw. Häufigkeit, Inhalte) und deren möglicher Zusammenhang mit der Schüler*innenperformanz.
C Auswirkung des Unterstützungsgrads durch mehr oder weniger AR-Lernumgebungen auf die Performanz und Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler*innen.

2.2 Methodik und Instrumente

Die Entwicklung und Evaluation des Lernsettings folgt dem Vorgehen der Partizipativen Aktionsforschung: Vorgesehen ist die Durchführung von zwei iterativen PAF-Zyklen bestehend aus Entwicklung/Weiterentwicklung des Lernsettings, Erprobung mit Schüler*innen, Evaluation und Reflexion mit anschließender erneuter Weiterentwicklung (s. Abb. 1). Ausgangspunkt des Forschungsvorhabens war die Anfrage zweier Lehrkräfte zur kooperativen Unterrichtsmaterialentwicklung, woraufhin mit diesen eine PLG gebildet wurde. Die im Sinne der PLG stattfindende enge Kooperation mit Lehrkräften (regelmäßige Treffen zur Diskussion erfolgter oder noch nötiger Entwicklungsschritte) wird als vorteilhaft für die Gewährleistung der Praxisrelevanz des Entwicklungsprodukts gesehen. Gleichzeitig ist die simultane Weiterbildung der PLG-Lehrkräfte durch die Kooperation möglich; im Zuge der Kooperationstreffen und der praktischen Erprobungen erhalten die Lehrkräfte u. a. einen Überblick über technische Limitationen und didaktisch begründete Einsatzmöglichkeiten der AR.

Die Erprobungen in Zyklus eins beschränken sich auf die Testung eines Prototyps der AR-Lernumgebung innerhalb einer hierfür geplanten Unterrichtsstunde zu Beginn des zweiten Lernjahrs Chemie mit $n = 43$ Schüler*innen. (Es wurde davon ausgegangen, dass sich Schüler*innen des zweiten Lernjahrs – da ihnen die Thematik bereits

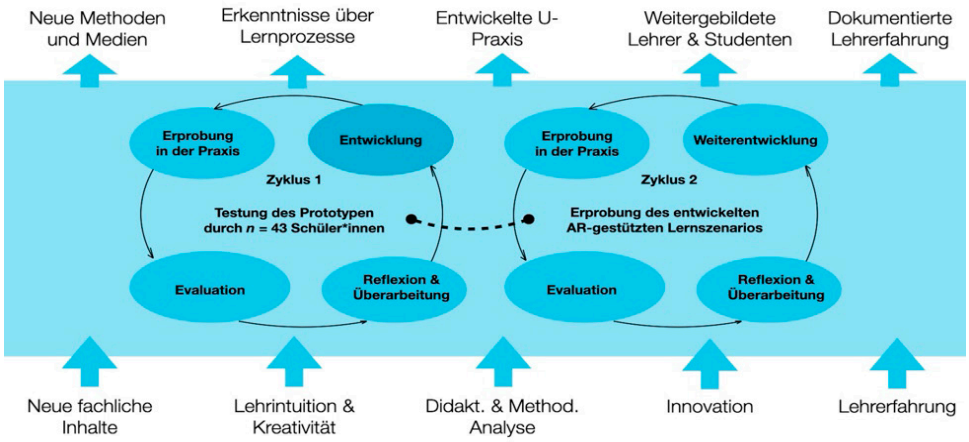


Abbildung 1: PAF-Forschungsdesign nach Eilks & Ralle (2002).

bekannt ist – ggf. besser auf die Bewertung der AR fokussieren können als Schüler*innen, denen die Thematik weniger geläufig ist.) Diese Stunden wurden durch die Forschenden selbst geleitet. In Zyklus zwei wurde die finale Version der AR-Lernumgebung innerhalb einer für Schüler*innen des ersten Lernjahrs ausgelegten (und mit den PLG-Lehrkräften entwickelten) Unterrichtsstunde erprobt ($n = 183$). Innerhalb der Stunde sollten drei Reaktionsgleichungen aufgestellt werden, wobei lediglich das Aufstellen einer Gleichung durch AR gestützt wurde. Diese Stunden wurden durch die Lehrkräfte der jeweiligen Lerngruppen geleitet. In der an Zyklus zwei angeschlossenen (noch ausstehenden) Erhebung werden die Schüler*innen bei allen in der Stunde aufzustellenden Reaktionsgleichungen durch entsprechende AR-Lernumgebungen unterstützt. Zur Klärung von Forschungsinteresse C) sollen die Ergebnisse aus Zyklus zwei mit den hierbei gewonnenen verglichen werden.

Zur Evaluation der Erprobungen (u. a. im Prä-Post-Design) werden von den Schüler*innen Feedbackbögen und – ab dem zweiten PAF-Zyklus zusätzlich – Kompetenztests bezüglich des Ausgleichens von Reaktionsgleichungen sowie Tests zur Selbstwirksamkeitserwartung (nach Pintrich et al. (1991)) und der wahrgenommenen Einfachheit der Benutzung (nach Venkatesh & Davis (2000)) ausgefüllt. Zusätzlich wird die Nutzung der AR (vgl. Forschungsinteresse B), Kap. 2.1) per Eye-Tracking und Bildschirmaufnahmen der verwendeten Tablets untersucht. Mit den teilnehmenden Lehrkräften werden halbstrukturierte Interviews geführt.

2.3 Bisheriges Vorgehen und erste Eindrücke aus den Erprobungen

Nach Initiierung des ersten PAF-Zyklus ausgehend von einer Kooperationsanfrage von Lehrkräften zur Entwicklung von AR-basiertem Unterrichtsmaterial, wurde mit diesen Lehrkräften ein Prototyp einer AR-basierten, an einem Arbeitsblatt verankerten Lern-

umgebung zur adaptiven Unterstützung von Schüler*innen beim Aufstellen der Reaktionsgleichung von Eisen mit Sauerstoff zu Eisen(III)-oxid entwickelt. Dieser Prototyp wurde anschließend in einer hierfür von den PLG-Lehrkräften geplanten Stunde von $n = 43$ Schüler*innen des zweiten Lernjahrs Chemie getestet und per Fragebogen Feedback bzw. Verbesserungsvorschläge von Schüler*innen- und Lehrkraftseite eingeholt. Neben positiven Rückmeldungen zur intuitiven Benutzbarkeit der AR wurde u. a. der Wunsch nach mehr Interaktivität und einem höheren Niveau der integrierten Hilfestellungen geäußert. Entsprechende Überarbeitungen wurden in Rücksprache mit den Lehrkräften der PLG vorgenommen. Die überarbeitete AR-Lernumgebung bietet den Nutzenden die Möglichkeiten, das Arbeitsblatt (bei Bedarf) mit interaktiven Teilchenmodellen, gestuften Hilfen in Form von Beispielen oder mit Musterlösungen zum Abgleich der eigenen Lösungen anzureichern.

Im zweiten PAF-Zyklus wurde von den PLG-Lehrkräften eine zur überarbeiteten AR-Lernumgebung thematisch passende Unterrichtsstunde (Thema: Bildung von Eisenoxiden) entworfen. Ziel dieses Zyklus war die Erprobung, Evaluation und ggf. Überarbeitung dieses gesamten Lernsettings mit der eigentlichen Zielgruppe des Lernsettings – Schüler*innen des ersten Lernjahrs Chemie im Schuljahr 2024/25. Erste Rückmeldungen aus den bereits durchgeführten Erprobungen geben Hinweise auf eine erfolgreiche Gestaltung der AR-Lernumgebung; die befragten Schüler*innen bewerten die Hilfeelemente und Möglichkeiten zum Lösungsabgleich größtenteils positiv (86 %), bspw.:

> „Ich fande es toll die Beispiele in 3D zu sehen, [da] man einen räumlichen Eindruck bekommen hat“ – *Schüler A*

> „Es war gut, dass man [die eigene Lösung] kontrollieren konnte, da muss man nicht immer den Lehrer fragen“ – *Schüler B*

Negatives Feedback und Verbesserungsvorschläge betreffen hauptsächlich die technologiebedingte Handhabung der Endgeräte bei Nutzung der AR:

> „Es war etwas umständlich, dass man das Tablett die ganze Zeit über dem Arbeitsblatt halten musste“ – *Schüler C*

Zudem zeigt sich die Wichtigkeit einer gründlichen Vorab-Einweisung der Schüler*innen in die korrekte Nutzung der AR, um Problematiken beim Anzeigen der Inhalte zu minimieren – bspw.:

> „[Die] Knopfgröße und die Schriftgröße war […] etwas zu klein“ – *Schüler D*

> „Hilfen und Darstellungen wurden manchmal verschoben oder gar nicht angezeigt“ – *Schüler E*

Die wahrgenommene Einfachheit der Benutzung der AR wurde (auf einer siebenstufigen Skala; 1 = sehr schwierig, 7 = sehr einfach) im Durchschnitt mit M = 5,5 ($n = 183$ Schüler*innen) angegeben.

3 Ausblick und Fazit

Die Beforschung des partizipativ entwickelten AR-gestützten Lernsettings zur Entstehung verschiedener Eisenoxide soll in einer Vergleichsstudie münden, wobei in der dafür geplanten dritten Erhebung nicht nur eine, sondern alle drei in der Stunde vorkommenden Reaktionsgleichungen augmentiert werden; Ziel dieses Vergleichs ist es, Forschungsinteresse C) (s. Kap. 2.1) zu untersuchen, indem die Ergebnisse aus Zyklus zwei (eine von drei Reaktionsgleichungen ist augmentiert) mit denen der noch ausstehenden Erhebung (alle drei Reaktionsgleichungen sind augmentiert) verglichen werden.

Mit dem vorgestellten Vorhaben wird ein Ansatz erprobt, Schüler*innen im Anfangsunterricht Chemie beim Kompetenzerwerb zum Aufstellen von Reaktionsgleichungen mithilfe eines AR-gestützten Lernsettings adaptiv zu unterstützen. Ziele dieses (durch die gewählte Methodik unterstützten) Forschungsvorhabens sind neben der Vermittlung prozessbezogener Kompetenzen an Schüler*innen auch die Förderung entsprechender digital-adaptiver Kompetenzen von Lehrkräften zur eigenständigen Gestaltung von adaptivem Chemieunterricht. Zudem sollen Hinweise darauf gefunden werden, inwiefern der Unterstützungsgrad bzw. die Autonomie der Schüler*innen auf Performanz und Selbstwirksamkeitserwartung wirken können (vgl. Forschungsinteresse C)).

Literatur

Al-Kunifed, A. (1993). *Investigation of High School Chemistry Students' Concepts of Chemical Symbol, Formula, and Equation: Students' Prescientific Conceptions*. [Doctor of Philosophy, Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College]. https://doi.org/10.31390/gradschool_disstheses.5480

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, *6*(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Barth, C., Siol, A., Eilks, I. & Huwer, J. (2021). Nachhaltigkeitsbildung und Digitalisierung gemeinsam denken – Lernen mit und über den nachhaltigen Einsatz von Tablets am Beispiel einer Augmented-Reality-Lernumgebung. *CHEMKON*, *28*(6), 235–240. https://doi.org/10.1002/ckon.202100004

Bonsen, M. & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(2), 167–184. https://doi.org/10.25656/01:4451

Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, *33*(8), 3–15. https://doi.org/10.3102/0013189x033008003

Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *CHEMKON*, *9*(1), 13–18. https://doi.org/10.1002/1521-3730(200201)9:1<13::AID-CKON13>3.0.CO;2-5

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, *1*(1), 9–15. https://doi.org/10.1039/A9RP90001B

Kultusministerium. Baden-Württemberg (2022, März 25.). *Bildungsplan Gymnasium Chemie. Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022*. Ministerium für Kultus Jugend und Sport Baden-Württemberg. https://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_GYM_CH.V2%20(2022-03-25).pdf

Letzel, V. & Otto, J. (2019). Differentiated instruction and its concrete implementation in school practice. A qualitative study. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *9*(3), 375–393. https://doi.org/10.1007/s35834-019-00256-0

Pintrich, P., Smith, D., Duncan, T. & McKeachie, W. (1991). *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor. Michigan, 48109, 1259.

Taskin, V. & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, *36*(1), 157–185. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492

Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, *46*(2), 186–204. https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Keywords: Augmented Reality, Adaptivität, Reaktionsgleichungen

Mathea Brückner, Nikolai Maurer und Johannes Huwer

Künstliche Intelligenz im und für den naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen

Einblicke in die Fortbildung und Fortbildungsergebnisse

1 Einleitung

Die Vielfalt menschlicher Interessen, Begabungen und Denkweisen prägt unsere Gesellschaft – meist zu unserem Vorteil: sei es durch berufliche Tätigkeiten, die uns Freude bereiten, oder Hobbys, in denen wir unsere Stärken entfalten. Die menschliche Vielfalt kann jedoch auch Herausforderungen mit sich bringen, da eine große Heterogenität in der Schülerschaft mitunter zu einer Überforderung der Lehrkräfte führen kann. Aktuelle Betrachtungen liefern ein Bild der vorherrschenden Heterogenität in der Schülerschaft. Die PISA-Studie 2022 (Lewalter et al., 2023) beispielsweise zeigt, dass auch innerhalb altershomogener Klassen und trotz einer formal erfolgten Homogenisierung durch das gegliederte Schulsystem erhebliche Leistungsheterogenität besteht. Selbst an Gymnasien ist eine Schülerschaft vorzufinden, die sich im Großteil auf bis zu fünf unterschiedlichen Kompetenzstufen befindet (Lewalter et al., 2023). Diese Vielfalt innerhalb der Lerngruppen macht deutlich, wie zentral differenzierte Förderung für erfolgreichen Unterricht ist. Eine Möglichkeit, dieser Heterogenität konstruktiv zu begegnen, ist der adaptive Unterricht, wie auch Weinert (1997) ihn beschreibt. Ziel ist es, Lehr- und Lernprozesse so zu gestalten, dass sie auf die individuellen Bedürfnisse und Ziele der Lernenden abgestimmt sind. Glaser (1978) und Snow (1980) beschreiben adaptiven Unterricht als ein Mittel, auf diese individuellen Lernbedürfnisse einzugehen, wobei sowohl gemeinsame als auch persönliche Lernziele berücksichtigt werden. Corno (2008) führt diese Idee weiter und versteht adaptives Lehren als einen dynamischen Prozess, der nicht nur auf inhaltliche Anpassungen beschränkt ist, sondern auch methodische und organisatorische Dimensionen umfasst.

Mit dem technischen Fortschritt gewinnt die Frage, wie Technologie adaptives Lernen unterstützen kann, zunehmend an Bedeutung. Neuere Definitionen von Adaptivität beziehen daher auch technologische Komponenten ein (vgl. Natriello, 2013; Plass & Pawar, 2020; Shute & Zapata-Rivera, 2012). So verstehen Plass und Pawar (2020) Adaptivität als die Fähigkeit eines Lernsystems, eine Vielzahl von Lernvariablen zu analysieren und auf dieser Grundlage gezielte Anpassungen vorzunehmen, um die Lernergebnisse zu verbessern. Ein besonders hohes Potenzial für die Umsetzung eines solchen adaptiven Unterrichts liegt in der Nutzung Künstlicher Intelligenz (KI). KI-Systeme können Stärken und Schwächen von Lernenden erkennen, das Lerntempo individuell anpassen und Inhalte entsprechend der Bedürfnisse darstellen (Gligorea et al., 2023). Durch diese Individualisierung lassen sich Motivation und Engagement fördern, was wiederum zu nachhaltigerem Lernen und besseren Leistungen führen kann (Gligorea et al., 2023, Yang et al., 2022). Neben der Nutzung durch Lehrkräfte für die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts (Kasneci et al., 2023) oder zur Bereitstellung

von passenden Lernpfaden und Hilfestellungen im Unterricht selbst (Mousavinasab et al., 2018) muss KI auch als Lerngegenstand gesehen werden. Gerade im Hinblick auf den zukunftsorientierten Bildungsauftrag der Schule (Döbeli Honegger, 2016) ist die Einführung von KI als Lerngegenstand von zentraler Bedeutung. Der naturwissenschaftliche Unterricht bietet hierbei zahlreiche Ansatzpunkte, um sowohl die Funktionsweise als auch die gesellschaftlichen Implikationen dieser Technologie fachspezifisch zu thematisieren.

Die Mehrheit der Lehrkräfte (62 %) gab jedoch an, sich im Umgang mit KI-Tools eher unsicher oder sehr unsicher zu fühlen (Robert Bosch Stiftung, 2025). Gleichzeitig äußern viele Lehrkräfte einen Bedarf an Fortbildungen in verschiedenen Bereichen der KI-Nutzung, darunter die Nutzung von KI für die Unterrichtsgestaltung, die Förderung kritischen Denkens oder zur Analyse von Lernverlaufsdaten der Schüler*innen (Robert Bosch Stiftung, 2025). Eine gezielte (Nach-)Qualifizierung von Lehrkräften ist eine zentrale Voraussetzung sowohl für den pädagogisch sinnvollen Einsatz von KI im (adaptiven) naturwissenschaftlichen Unterricht als auch für deren fundierte Thematisierung im Unterricht. Als Antwort auf diese Anforderung wurde die hier vorgestellte Fortbildung entwickelt, die Lehrkräfte dabei unterstützen soll, das Potenzial von KI didaktisch reflektiert und fachlich fundiert in ihren Unterricht zu integrieren.

2 Das Projekt MINT-ProNeD

Um Lehrkräfte gezielt auf den Einsatz digital-adaptiver Lernformen vorzubereiten und sie dabei zu unterstützen, KI gewinnbringend sowohl von Seiten der Lernenden als auch der Lehrenden im naturwissenschaftlichen Unterricht einzusetzen, bedarf es konkreter Qualifizierungsangebote. An dieser Stelle setzt das länderübergreifende Verbundprojekt MINT-ProNeD (Professionelle Netzwerke zur Förderung adaptiver, prozessbezogener digital-gestützter Innovationen in der MINT-Lehrpersonenbildung) an, das 2023 mit dem Ziel ins Leben gerufen wurde, die professionelle Entwicklung von Lehrkräften im Bereich der digital gestützten, adaptiven MINT-Unterrichtsgestaltung systematisch zu fördern. Eine zentrale Leitlinie bilden dabei die Orientierungsrahmen DiKoLAN (Becker et al., 2020) sowie DiKoLAN^{KI} (Huwer et al., 2024), welche relevante digitale und KI-bezogene Kompetenzen für das naturwissenschaftliche Lehramt strukturieren und eine Orientierung für die Qualifizierungsinhalte bieten.

Das Projekt verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz in der Lehrkräftebildung, der auf der Zusammenarbeit dreier interdisziplinärer Netzwerke beruht: Das erste Netzwerk verantwortet die Konzeption und Durchführung von Lehrkräftefortbildungen, das zweite begleitet die anschließende Unterrichtsentwicklung und berät Lehrkräfte bei der Umsetzung, während das dritte Netzwerk innovative, zukunftsweisende Technologien identifiziert, prüft und für den schulischen Einsatz nutzbar macht.

3 Die Fortbildung

Die im Teilprojekt Konstanz entwickelte Fortbildung „Entdecke die Möglichkeiten: Künstliche Intelligenz im und für den naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen" greift gezielt die zuvor beschriebenen Aspekte auf. Sie verfolgt das Ziel, Lehrkräfte der Naturwissenschaften sowohl dazu zu befähigen, KI zur Gestaltung adaptiven Unterrichts einzusetzen, als auch KI als Lerngegenstand fachlich fundiert in ihren Unterricht zu integrieren. Konzipiert wurde die Fortbildung als dreistündige Präsenzveranstaltung. Inhaltlich gliedert sich das Format in zwei thematische Blöcke: Im ersten Teil steht die Nutzung von KI als fachdidaktisches Werkzeug zur Planung und Umsetzung adaptiven Unterrichts im Fokus. Der zweite Block widmet sich der fachlichen Auseinandersetzung mit Künstlicher Intelligenz in den Naturwissenschaften und ihrer Bedeutung für aktuelle Forschung – mit dem Ziel, fachliche Anknüpfungspunkte für die schulische Thematisierung zu schaffen.

Der erste Block der Fortbildung beginnt mit einem kurzen fachlichen Input zum Einsatz und zur Bedeutung von Künstlicher Intelligenz im Bildungskontext. Ziel ist es, den teilnehmenden Lehrkräften einen Überblick über verschiedene Anwendungsebenen von KI in der Schule zu vermitteln, wobei ein besonderer Fokus auf der Entwicklung adaptiver Unterrichtsformate liegt. Um eigene Erfahrungen mit KI-gestützten Materialien zu sammeln, bearbeiten die Teilnehmenden im Anschluss ein mit Hilfe von KI erstelltes „Mystery" (Leat 1998). Dieses soll von den Lehrkräften kritisch reflektiert und im Hinblick auf sein adaptives Potenzial bewertet werden. In der darauffolgenden Diskussion wird gemeinsam erarbeitet, wie sich ein solches Mystery durch den gezielten Einsatz von KI an die Bedürfnisse der Lernenden anpassen lässt. Dabei werden unter anderem Möglichkeiten wie die Variation der Anzahl oder Komplexität der Informationskarten sowie sprachliche Anpassungen thematisiert. Eine eher selten von den Teilnehmenden genannte, jedoch von der Fortbildungsleitung eingebrachte Idee ist der Einsatz eines KI-gestützten Chatbots, der in der Rolle eines Spielleiters agiert. Dieser antwortet ausschließlich mit „Ja" oder „Nein" auf Fragen zum Rätsel, vergleichbar mit dem Spielablauf von Black Stories (Bösch, 2004). Bevor die Lehrkräfte dazu übergehen, eigene KI-gestützte Unterrichtsideen zu entwickeln, erhalten sie eine Einführung in grundlegende Strategien zur Kommunikation mit großen Sprachmodellen, sogenannte Prompting-Strategien. Diese bilden die Grundlage für die praktische Arbeit im weiteren Verlauf der Veranstaltung. Anschließend haben die Teilnehmenden die Gelegenheit, das erworbene Wissen direkt anzuwenden und erste eigene Ansätze zu erproben. Unterstützt wird dieser Arbeitsprozess durch eine interaktive und dauerhaft zugängliche MindMap, die eine Vielzahl an Anregungen zur Nutzung von KI im Unterricht bietet. Die Lehrkräfte erarbeiten auf dieser Grundlage ein eigenes Anwendungsbeispiel, das auf ihren jeweiligen Unterrichtskontext zugeschnitten sein kann. Dabei können sie frei eigene Ideen und methodische Zugänge entwickeln, da die MindMap nicht nur die Gestaltung eines Mystery erläutert, sondern auch zahlreiche weitere Möglichkeiten für den Einsatz von KI im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzeigt.

Im zweiten Block steht der fachwissenschaftliche Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Mittelpunkt. Die Teilnehmenden erhalten Einblicke in aktuelle naturwissenschaftliche Forschungsbereiche, in denen KI eine zentrale Rolle spielt. Veranschaulicht wird dies durch ausgewählte Beispiele wie die KI-gestützte Entschlüsselung von Proteinstrukturen (The Royal Swedish Academy of Sciences, 2024), die Anwendung von Bilderkennung (Cheng et al., 2022), die Planung chemischer Synthesen (Lin et al., 2022) sowie die zunehmende Autonomisierung von Laborprozessen (Boiko et al., 2023). Ergänzend wird ein konkreter Unterrichtsvorschlag vorgestellt, der eine erste Orientierung für die didaktische Reduktion und Aufbereitung solcher komplexen Inhalte bietet.

Die Veranstaltung wurde sowohl über das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) als auch an konkreten Schulen auf Anfrage durchgeführt. Unter den teilnehmenden Lehrkräften unterrichten 34 das Fach Biologie, 44 das Fach Chemie und 13 das Fach Physik. Sechs weitere Lehrkräfte gaben an, ein naturwissenschaftlich assoziiertes Fach wie beispielsweise NwT zu unterrichten. Die Lehrkräfte unterrichteten überwiegend an Gymnasien, jedoch waren auch Lehrkräfte anderer Schulformen vertreten. Während der Veranstaltung wurde untersucht, inwiefern sich die Assoziationen und Einstellungen der teilnehmenden Lehrkräfte zum Thema Künstliche Intelligenz im schulischen Kontext durch die Fortbildung verändert haben. Mithilfe einer Befragung (n = 66) vor und nach der Veranstaltung konnten Veränderungen identifiziert werden. Dazu wurden die Lehrkräfte gebeten, über die Online-Befragungsplattform *LimeSurvey* drei Assoziationen zu KI im Kontext Schule zu nennen. In Abbildung 1 wird eine Auswahl der erhobenen Angaben dargestellt. Kategorien mit weniger als zehn Nennungen sowie die Kategorie „Sonstiges“ wird dabei in diesem Diagramm nicht abgebildet aus Gründen der Übersichtlichkeit.

Die Angaben wurden in Form von Stichwörtern oder kurzen Phrasen aufgenommen und in einem konsensuellen Kodierungsverfahren (Kuckartz, 2010) anhand von induktiv gebildeten Kategorien unterteilt. Auffällig ist, dass KI sowohl vor als auch nach der Veranstaltung vor allem als Hilfsmittel zur Unterrichtsvor- und -nachbereitung wahrgenommen wurde. Dieser eher allgemeine Nutzungsaspekt blieb zwar bestehen, wurde jedoch nach der Veranstaltung durch konkretere Nutzungsperspektiven ergänzt. Unspezifische Nennungen zum allgemeinen Potenzial von KI traten dabei seltener auf. Stattdessen rückte nach der Fortbildung verstärkt die konkrete Vielseitigkeit der Einsatzmöglichkeiten in den Fokus. Besonders auffällig war, als Beispiel für diese spezifischeren Angaben, der Zuwachs an Nennungen, die KI als Lerngegenstand im naturwissenschaftlichen Unterricht in den Fokus rückten – ein Anstieg, der eindeutig auf die gezielte Thematisierung dieses Aspekts innerhalb der Fortbildung zurückzuführen ist. Gleichzeitig traten zuvor geäußerte Bedenken, etwa hinsichtlich der Herausforderungen bei Leistungsnachweisen, zum Beispiel bei Hausaufgaben oder Prüfungsformaten, sowie möglicher negativer Auswirkungen auf das Lernverhalten, deutlich in den Hintergrund. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass gezielte Fortbildungen Lehrkräften helfen können, den Einsatz von KI im Unterricht konkreter und vielseitiger zu betrachten. Zukünftige Maßnahmen sollten daher praxisnahe Anwendungsbeispiele und die Integration von KI als Lerngegenstand verstärkt in den Fokus

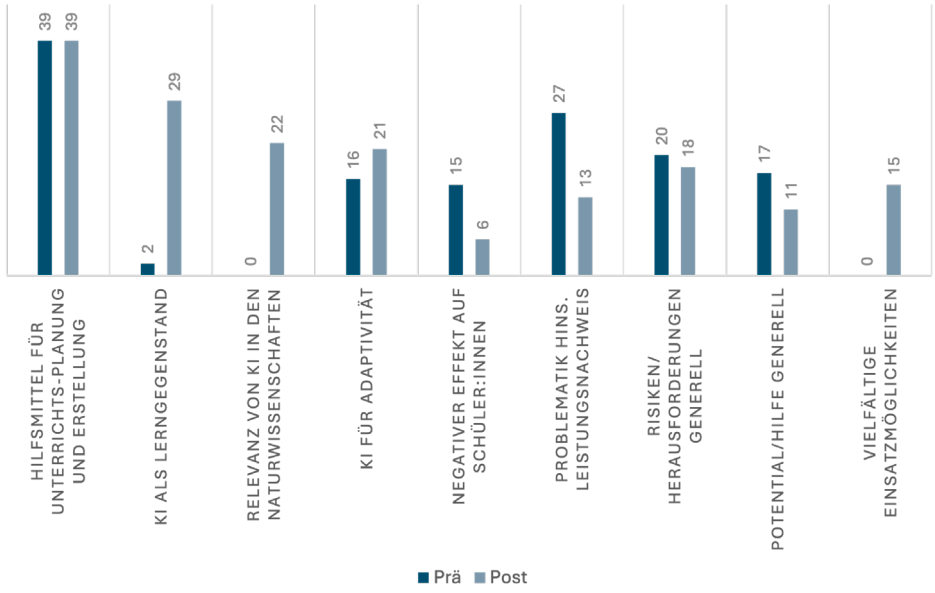


Abbildung 1: Anzahl der Nennungen zu den Assoziationen zu KI im Kontext Schule pro Kategorie im Prä-Post-Vergleich.

rücken, um sowohl Unsicherheiten abzubauen als auch die Potenziale für einen (adaptiven) naturwissenschaftlichen Unterricht zu nutzen.

Literatur

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

Bösch, H. (2004). *Black Stories. 50 rabenschwarze Rätsel*. Moses.

Corno, L. (2008). On Teaching Adaptively. *Educational Psychologist*, *43*, 161–173. https://doi.org/10.1080/00461520802178466

Glaser, R. (1978). Adaptive education: Individual diversity and learning. *Journal of school psychology*, *16*(3), 284–285. https://doi.org/10.1016/0022-4405(78)90014-6

Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H. & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*, *13*(12), 1216. https://www.mdpi.com/2227-7102/13/12/1216

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J. & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and

challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kuckartz, U. (2010). Die Kategorien und das Codieren von Texten. In U. Kuckartz (Hrsg.), *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten* (S. 57–71). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92126-6_3

Lewalter, D., Diedrich, J., Goldhammer, F., Köller, O. & Reiss, K. (2023). *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland*. Waxmann. https://doi.org/10.25656/01:28666

Mousavinasab, E., Zarifsanaiey, N., Rostam Niakan Kalhori, S., Rakhshan, M., Keikha, L., Ghazisaeedi, M. & Saeedi, G. (2018). *Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods*. Interactive Learning Environments.

Natriello, G. (2013). *Adaptive Educational Technologies: Tools for Learning and for Learning about Learning*. National Academy of Education.

Plass, J. & Pawar, S. (2020). Toward a taxonomy of adaptivity for learning. *Journal of Research on Technology in Education*, *52*(3), 275–300. https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1719943

Robert Bosch Stiftung (2025). *Deutsches Schulbarometer: Befragung Lehrkräfte. Ergebnisse zur aktuellen Lage an allgemein- und berufsbildenden Schulen.* Robert Bosch Stiftung.

Shute, V. & Zapata-Rivera, D. (2012). Adaptive Educational Systems. *Adaptive Technologies for Training and Education*, 7–27. https://doi.org/10.1017/CBO9781139049580.004

Snow, R. E. (1980). *Aptitude, learning, and instruction*. Erlbaum. https://go.exlibris.link/FHSxzFZ0

Weinert, F. (1997). Notwendige Methodenvielfalt: Unterschiedliche Lernfähigkeiten der Schüler erfordern variable Unterrichtsmethoden des Lehrers. *Friedrich Jahresheft: Lernmethoden, Lehrmethoden, Wege zur Selbständigkeit*, 50–52.

Yang, A. C. M., Flanagan, B. & Ogata, H. (2022). Adaptive formative assessment system based on computerized adaptive testing and the learning memory cycle for personalized learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *3*, 100104. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100104

Keywords: Lehrkräftefortbildung, Künstliche Intelligenz, Adaptivität

Cilia Rücker und Sebastian Becker-Genschow

ADA MINToring

Förderung von Lernwirksamkeit und Geschlechtergerechtigkeit im MINT-Unterricht durch einen personalisierten KI-Chatbot

1 Geschlechterdisparitäten und Leistungsrückgänge im MINT-Bereich

Die PISA-Studie 2022 dokumentiert für deutsche Schüler*innen historisch niedrige Kompetenzwerte mit mittleren Leistungen in den Naturwissenschaften und in der Mathematik auf bzw. unter dem OECD-Durchschnittsniveau (OECD, 2023). Bemerkenswert ist auch das Absinken des Anteils der Spitzengruppe (Kompetenzstufen V/VI) in den Naturwissenschaften auf unter 10 %, während der Anteil der leistungsgefährdeten Risikogruppe (Kompetenzstufe I) auf über ein Fünftel angestiegen ist (OECD, 2023). Besonders kritisch zu betrachten ist der Einfluss des Geschlechts als Diskriminierungskategorie auf Bildungschancen. Schülerinnen erbringen trotz vergleichbarer kognitiver Voraussetzungen nicht nur geringere fachliche Leistungen (OECD, 2023), sondern berichten darüber hinaus von geringeren Selbstwirksamkeitserwartungen (Heyder et al., 2019), einer verminderten Lernmotivation (Hermans et al., 2022) und stärker ausgeprägten fachbezogenen Ängsten (OECD, 2023). Die Auswirkungen dieser Bildungsungerechtigkeit zeigen sich unter anderem in Bildungs- und Berufswahlentscheidungen junger Frauen am Ende ihrer Schullaufbahn. Die aktuellen Zahlen zu Studienanfänger*innen in MINT-Studiengängen an deutschen Universitäten belegen, dass auch weiterhin nur knapp mehr als ein Drittel aller Studierenden weiblich sind (Destatis, 2024).

2 Personalisierte KI-Chatbots als individuelle Lernassistenz und Rollenmodell

Die Integration von Custom Chatbots, also personalisierten Künstliche-Intelligenz-Chatbots (KI-Chatbots), wird als vielversprechender Ansatz zur Adressierung dieser Herausforderungen betrachtet (Gökçearslan et al., 2024; Wu & Yu, 2024). Custom Bots basieren auf großen Sprachmodellen wie den GPT-Modellen von OpenAI oder den Claude-Modellen von Anthropic und können durch zusätzliche Inhalte und Ressourcen gezielt auf die Bedürfnisse und Anforderungen einer spezifischen Zielgruppe in einem bestimmten Lernkontext angepasst werden. Im schulischen Kontext zeigen aktuelle Studien vielfältige Anwendungsmöglichkeiten auf. Als Lernassistent*innen können Custom Chatbots individualisierte, interaktive Lernerfahrungen durch unmittelbares formatives Feedback und ergänzende Erklärungen insbesondere zu komplexen Inhalten ermöglichen (Gökçearslan et al., 2024). Darüber hinaus können sie zusätzliche Lernressourcen bereitstellen, deren Qualität mit etablierten Lehr-Lernmaterialien vergleichbar ist (Kasneci et al., 2023). Metaanalysen von Gökçearslan et al.

(2024) sowie von Wu und Yu (2024) zeigen, dass Chatbot-gestütztes Lernen im Vergleich zu traditionellem Lernen zu einer gesteigerten Lernmotivation, einem erhöhten situativen Interesse und einer verbesserten Lernleistung beitragen kann. Die Effektivität der Förderung von Lernwirksamkeit und Lernerleben ist dabei umso größer, wenn Custom Chatbots anstelle von generischen Sprachmodellen eingesetzt werden (Bastani et al., 2024).

Bisher weitgehend unerforscht ist der konzeptuelle Ansatz, KI-Chatbots neben ihrer Funktion als digitale Lernassistent*innen auch als effektive Rollenmodelle einzusetzen. Dieser Ansatz baut auf Forschungsergebnissen auf, die belegen, dass positive Interaktionen mit menschlichen Rollenmodellen das fachbezogene Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartungen sowie MINT-spezifische Ambitionen und Karrierewünsche junger Frauen und Mädchen fördern können (De Gioannis et al., 2023). Studien von Armando et al. (2023) und Mulak und Winiewski (2021) liefern erste evidenzbasierte Hinweise auf die Übertragbarkeit dieser Potenziale auf virtuelle Rollenmodelle.

3 ADA MINToring

In Anbetracht der dargestellten Herausforderungen untersucht das Projekt *ADA MINToring* das Potential personalisierter KI-Chatbots zur Förderung der Lernwirksamkeit und Geschlechtergerechtigkeit im MINT-Unterricht. Der Fokus liegt auf der systematischen Konzeption und Evaluation der digitalen Lernassistentin ADA. Im Rahmen des Projektes erfüllt ADA die in Abschnitt 2 dargestellten Funktionen in individuellen Arbeitsphasen des MINT-Unterrichts, beispielsweise durch die Dekonstruktion komplexer Aufgabenstellungen oder die adaptive Begleitung mehrstufiger Lösungswege.

ADA basiert als Custom GPT auf der GPT-Architektur von OpenAI. Der Zugriff erfolgt über ein Application Programming Interface der an deutschen Schulen weit verbreiteten KI-Plattform *fobizz*. Sie gewährleistet eine anonymisierte Datenübertragung und dadurch die Einhaltung der Datenschutz-Grundverordnung (fobizz, 2025). Darüber hinaus ermöglicht sie eine Kommunikation mit dem Custom Bot über ein intuitiv gestaltetes Chatfenster in natürlicher Sprache, ohne dass spezifische Programmierkenntnisse erforderlich sind (siehe Abb. 1).

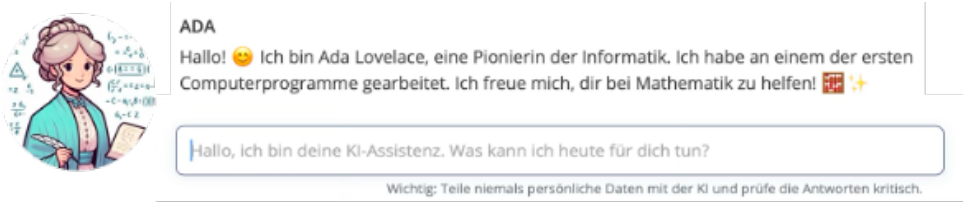


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der Benutzeroberfläche

Die Besonderheit von ADA gegenüber generischen KI-Chatbots wie ChatGPT 4o von OpenAI oder Claude Opus 4 von Anthropic liegt in ihrer gezielten Anpassung an ihren Einsatz als Lernassistentin im MINT-Unterricht (siehe Abb. 2). Für den Konfigurationsprozess wurden zwei grundlegende Methodiken kombiniert. Die erste ist die sogenannte Retrieval-Augmented Generation (RAG), bei der externe Datenquellen in bestehende Sprachmodelle integriert werden. Im Projekt umfasst die integrierte Wissensdatenbank Unterrichtsmaterialien, Erklärtexte und Ausschnitte aus den Kernlehrplänen, wobei die KI-Plattform *fobizz* perspektivisch eine Adaption durch lehrkraftspezifische Materialien ermöglicht. Stellen Schüler*innen ADA eine Frage, wird diese mit den Inhalten der Datenbank abgeglichen, um thematisch und didaktisch relevante Segmente zu identifizieren. Diese kontextuellen Informationen werden anschließend mit der ursprünglichen Eingabe der Schüler*innen kombiniert und als erweiterte Eingabe an das zugrundeliegende Sprachmodell übermittelt. Durch diesen Retrieval-Prozess wird die domänenspezifische Genauigkeit des Antwortverhaltens gegenüber nicht kontextualisierten KI-Chatbots erhöht und die generierten Antworten werden präziser und konsistenter (Thüs et al., 2024). Die Anpassung an die schulische Zielgruppe und den spezifischen Bildungskontext verhindert außerdem, dass fortgeschrittene Lerninhalte aufgegriffen werden, die den aktuellen Lernstand der Schüler*innen übersteigen. Darüber hinaus wird das Risiko von Halluzinationen, also falschen oder erfundenen Aussagen des Sprachmodells, reduziert (Feldmann et al., 2024).

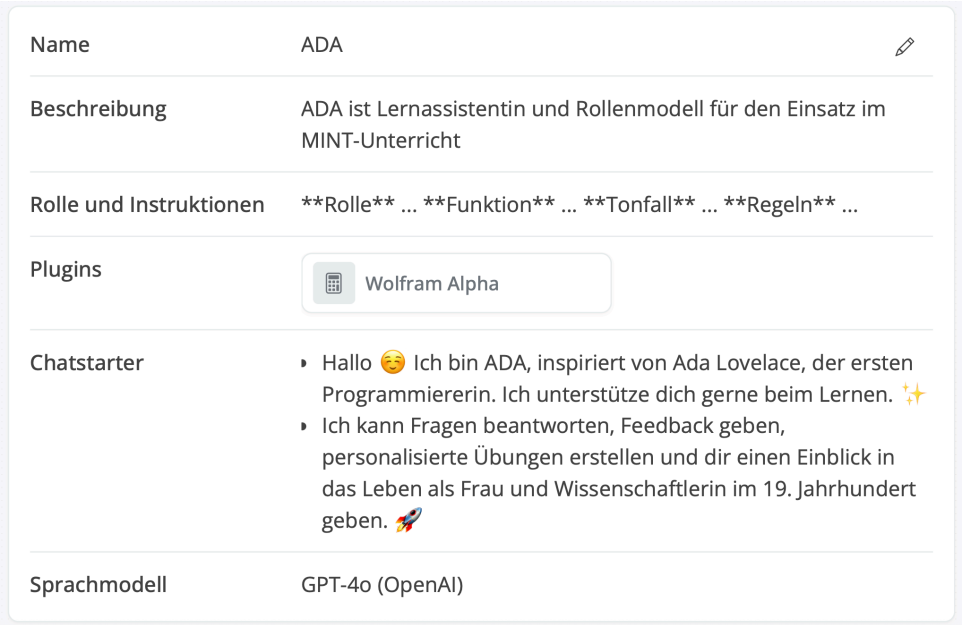


Abbildung 2: Vereinfachter Ausschnitt aus der Konfigurationsoberfläche

Zusätzlich zu der RAG-Methode wurde in einem Prompt-Engineering-Verfahren ein sogenannter Systemprompt formuliert. Dabei handelt es sich um eine grundlegende Anweisung an den Chatbot, die im Projektkontext fachliche Korrektheit sowie eine zielgruppengerechte und pädagogisch wertschätzende Ausdrucksweise des Custom GPTs sicherstellt. ADA unterscheidet sich damit in Dialogen mit Schüler*innen von generischen Sprachmodellen, indem sie sich methodisch am sokratischen Dialog orientiert. Das ist eine fragend-entwickelnde Gesprächsform, die zum Nachdenken anregen und die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand sowie eigenständiges Verständnis fördern soll. Besonderer Wert wurde außerdem auf die Verwendung genderinklusiver Sprache sowie auf eine ausgewogene Repräsentation aller sozialen Geschlechter in den Antworten gelegt.

Neben ihrer Rolle als digitale Lernassistentin fungiert ADA auch als digitales Rollenmodell. Zu diesem Zweck beinhaltet die integrierte Datenbank auch historisches Wissen über ihre Namenspatin und ihr menschliches Vorbild Ada Lovelace. Sie zeichnet sich als Rollenmodell insbesondere durch ihre fachlichen Erfolge aus, die demonstrieren, dass fachliche Leistungen unabhängig von Geschlechterzugehörigkeit und angeborener Begabung sowie trotz struktureller Barrieren erreicht werden können (Charman-Anderson, 2020). Dialoge mit ADA sollen durch die kontextbezogene Einbindung biografischer Elemente in die Lernunterstützung zentrale Eigenschaften wirksamer Rollenmodelle wie Erreichbarkeit, Ausdauer und sichtbare Begeisterung für das eigene Fachgebiet implizit vermitteln (Gladstone et al., 2024). Das Projekt adressiert demnach nicht nur kognitive und affektive, sondern auch identitätsbezogene Dimensionen des MINT-Lernens, insbesondere für Schülerinnen.

4 Ausblick

Das Projekt folgt einem iterativen Forschungsdesign. Nach der initialen Konzeption sowie der ethischen Validierung und technischen Implementierung lieferte eine Pilotstudie erste Erkenntnisse zur Machbarkeit und zu den Adaptionsmöglichkeiten des Ansatzes. Die anschließende Hauptstudie überprüft die identifizierten Trends in praxisnahen Unterrichtssettings mit einer größeren und diverseren Stichprobe. Damit adressiert das Projekt nicht nur die aufgezeigten aktuellen bildungspolitischen Herausforderungen, sondern auch die Forschungslücke zum Potential von Custom Chatbots als adaptive Lernassistenz und digitales Rollenmodell zur Förderung von Lernwirksamkeit und Geschlechtergerechtigkeit in der MINT-Bildung.

Literatur

Armando, M., Régner, I. & Ochs, A. (2023). Toward a Tool Against Stereotype Threat in Math: Children's Perceptions of Virtual Role Models. *ICMI '23 Companion: Companion Publication of the 25th International Conference on Multimodal Interaction*, 306–310. https://doi.org/10.1145/3610661.3616179

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö. & Mariman, R. (2024). *Generative AI can harm learning* [Preprint]. University of Pennsylvania. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4895486

Charman-Anderson, S. (2020). Ada Lovelace: A Simple Solution to a Lengthy Controversy. *Patterns*, *1*(7), 100118. https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100118

De Gioannis, E., Pasin, G. L. & Squazzoni, F. (2023). Empowering women in STEM: a scoping review of interventions with role models. *Int. J. Sci. Educ.*, *13*(3), 261–275. https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2162832

Feldman, P., Foulds, J. R. & Pan, S. (2024). RAGged edges: the double-edged sword of retrieval-augmented chatbots [Preprint]. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.01193

fobizz (2025). *Wie gewährleistet fobizz, dass keine personenbezogenen Daten mit KI-Anbietern oder Betreibern von LLMs geteilt werden?* https://app.fobizz.com/de/help/articles/376-datenschutz-ki-personenbezogene-daten

Gladstone, J.R., Tallberg, M., Jaxon, J. & Cimpian, A. (2024). What makes a role model motivating for young girls? The effects of the role model's growth versus fixed mindsets about ability and interest. *Journal of Experimental Child Psychology*, 238, 105775. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105775

Gökçearslan, S., Tosun, C. & Erdemir, Z. G. (2024). Benefits, Challenges, and Methods of Artificial Intelligence (AI) Chatbots in Education: A Systematic Literature Review. *Int. J. Technol. Educ.*, *7*(1), 19–39. https://doi.org/10.46328/ijte.600

Hermans, S., Gijsen, M., Mombaers, T. & van Petegem, P. (2022). Gendered patterns in students' motivation profiles regarding iSTEM and STEM test scores: A cluster analysis. *Int. J. STEM Educ.*, *9*(67). https://doi.org/10.1186/s40594-022-00379-3

Heyder, A., Weidinger, A. F., Cimpian, A. & Steinmayr, R. (2019). Teachers' belief that math requires innate ability predicts lower intrinsic motivation among low-achieving students. *Learn. Instr.*, *65*, 101220. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101220

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M. & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learn. Individ. Diff., 103,* 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Mulak, A. & Winiewski, M. (2021). Virtual contact hypothesis: Preliminary evidence for intergroup contact hypothesis in interactions with characters in video games. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.*, *15*(4), 6. https://doi.org/10.5817/CP2021-4-6

Organisation for Economic Cooperation and Development (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education.* OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html

Statistisches Bundesamt [Destatis] (2024). *Mehr als ein Drittel der Studienanfängerinnen und -anfänger im MINT-Bereich sind Frauen*. Pressemitteilung Nr. N003 vom 17. Januar 2024. Destatis. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/01/PD24_N003_213.html

Thüs, D., Malone, S. & Brünken, R. (2024). Exploring generative AI in higher education: a RAG system to enhance student engagement with scientific literature. *Front. Psychol.,* 15, 1474892. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1474892

Wu, R. & Yu, Z. (2024). Do AI chatbots improve students learning outcomes? Evidence from a meta-analysis. *Br. J. Educ. Technol.*, *55*(1), 10–33. https://doi.org/10.1111/bjet.13334

Keywords: Personalisierung, KI-Chatbots, Rollenmodell, MINT, Lernwirksamkeit, Geschlechtergerechtigkeit

Lisa Schnödewind, Diana Zeller und Claudia Bohrmann-Linde

Informationsbewertung bei KI-Chatbots im Chemieunterricht

Ein didaktisches Lernsetting zum Thema Brennstoffzellen im Projekt I-KICC

1 Einleitung

Wenige Jahre nach der Veröffentlichung von ChatGPT ist die Nutzung von KI-Chatbots im Alltag, aber auch als Hilfe beim Lernen nicht mehr wegzudenken (von Garrel, Mayer, 2025). Bereits 2024 benannten befragte Schülerinnen und Schüler in einer Studie der Vodafone-Stiftung, dass sie KI-Chatbots in Eigeninitiative zum Lernen verwenden. Denn, so gaben zu dem Zeitpunkt 76 % der Befragten an, der Einsatz von KI war an ihrer Schule entweder gar kein Thema oder es gab keine einheitliche Regelung zur Nutzung (Vodafone-Stiftung, 2024). Ein Jahr später hat sich die Situation an deutschen Schulen positiv weiterentwickelt: In der Vodafone-Studie zum KI-Einsatz in Schulen mehrerer europäischer Länder schneidet Deutschland bei dem Zugang zu KI-Tools besser ab als der europäische Durchschnitt (Vodafone-Stiftung, 2025).

Trotz zunehmender Etablierung von KI-Tools im Bildungssystem und zahlreicher Vorteile der Nutzung von KI-Chatbots im Unterricht besteht weiterhin die Schwierigkeit, den Wahrheitsgehalt der generierten Inhalte einzuschätzen. So geben Chatbots auch halluzinierende Antworten zu Fragen, die sie eigentlich nicht beantworten können, oder falsche bzw. spekulative Antworten (Jazwinka, Chadrasekar, 2025). Die Verifizierung und Bewertung von Antworten ist umso schwieriger, wenn KI-Chatbots zu fachlichen Inhalten befragt werden, die über das Wissen des Nutzers oder der Nutzerin hinausgehen.

Anstelle von Suchmaschinen werden jetzt mittlerweile auch KI-Chatbots genutzt, um sich schnell zu informieren. Auch bei Suchmaschinen wie *Google* oder *Bing* wird inzwischen bei einer Suche eine (vermeintlich) dazu passende Zusammenfassung der jeweiligen KIs (*Google Gemini* oder *Bing Copilot*) angezeigt. Die Informationsrecherche mit den beiden Tools gestaltet sich jedoch sehr unterschiedlich: Während die Suchmaschine auf weiterführende Links verweist, fasst der KI-Chatbot Informationen aufgrund einer unbekannten Datengrundlage zusammen und ergänzt zu der Anfrage passende Links, Bilder oder andere Daten (Dannecker, 2025). Dabei ist die Art der ergänzenden Informationen von dem entsprechenden KI-Tool abhängig: Während *ChatGPT* nur auf Nachfrage andere Dateiformate liefert, zeigt *Perplexity* direkt passende Bilder und gibt im generierten Text Verweise zu Internetquellen. Noch stärker wird sich die Informationsrecherche durch den seit Oktober 2025 zugänglichen Google-KI-Modus verändern. Anstatt einer bisherigen KI-Zusammenfassung ersetzt der KI-Modus die klassischen Trefferseiten komplett, ergänzt durch nur ausgewählte Quellenhinweise (Schiffer, 2025).

Aus diesem Grund besteht umso mehr die Notwendigkeit, Lernende für die Verwendung von KI als Lernwerkzeug und Informationsquelle zu sensibilisieren. Die Förderung eines kritischen Umgangs mit den generierten Inhalten muss allerdings anhand der jeweiligen Fachkultur erfolgen (Kultusministerkonferenz, 2019). Hierfür wurden in der Chemiedidaktik Wuppertal im Rahmen des Projekts I-KICC (Informationskompetenz bei KI-Chatbots im Chemieunterricht) Lernsettings zum kritischen Umgang mit diesen Tools entwickelt, die an reguläre Themen des Chemie-Lehrplans angeknüpft sind. In diesem Beitrag werden das Material zum Thema Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle vorgestellt und Einblicke in die Ergebnisse der ersten Erprobung gegeben.

2 Das Projekt I-KICC

Die Grenzen von KI-Chatbots als Informationsquelle lassen sich in den naturwissenschaftlichen Fächern und insbesondere im Fach Chemie nutzen, um Lernende für einen kritischen Umgang mit KI-Chatbots zu sensibilisieren. Zum Beispiel sind die Interpretation von Daten, Vorlagen, Skizzen oder Abbildungen durch eine KI noch fehlerbehaftet oder die Gestaltung von Strukturformeln, Reaktionsmechanismen, Skizzen und mechanischen Abbildungen ist nur unter viel Eingabe von fachlichem Wissen durch geeignete Prompts möglich. Im Rahmen des Projekts I-KICC (Chemiedidaktik Wuppertal, 2025) sind anknüpfend an verbindliche Themen des Chemie-Curriculums frei verfügbare KI-Chatbots mit Lernenden eingesetzt worden, um die erhaltenen Ergebnisse mit denen weiterer Informationsquellen zu vergleichen. Die Anknüpfung an obligatorische Themen des Chemieunterrichts ist deshalb entscheidend, damit Lehrkräfte konkrete thematische Anlässe im Regelunterricht haben, im Rahmen derer sie die Unterrichtseinheit durchführen können. Ziel der Lernsettings ist daher einerseits der Erwerb oder die Vertiefung fachlicher Kompetenzen und andererseits die Förderung der Informationsbewertungskompetenz zur Erhöhung der AI-Literacy (Long & Magerko, 2020; Díaz & Delgado, 2024). Die Lernsettings sind so gestaltet, dass im Vorfeld das Thema bereits inhaltlich erarbeitet worden ist und somit fachliches Vorwissen vorliegt, durch das den Lernenden eine Bewertung der generierten Informationen möglich wird. Anhand eines Bewertungsbogens werden die erhaltenen Informationen der jeweiligen Informationsquelle von den Lernenden analysiert und anschließend der Umgang mit KI-Chatbots kritisch reflektiert. Projektziel ist es, dass für die Schule eine Reihe an Lernsettings inklusive kostenloser Materialien entstehen, die von Lehrkräften direkt eingesetzt werden können. Für die Sekundarstufe II sind bereits zwei fertige Lernszenarien mit entsprechenden Materialien entstanden, die in der Schule erprobt und evaluiert wurden.

3 KI-Chatbots vs. Suchmaschine

Damit Lernende sich die Möglichkeiten und Grenzen der Informationsbeschaffung mit KI-Chatbots oder Suchmaschinen bewusstmachen, wurde im Rahmen von I-KICC ein Lernsetting und dazu passendes Material (vgl. Abb. 1) entwickelt, bei dem ein Vergleich der beiden erfolgen soll (Schnödewind, 2023). Die Unterrichtssequenz knüpft an das Thema „Brennstoffzellen" im Inhaltsfeld „Elektrochemie" der Sek II an (Ministerium für Schule und Bildung NRW, 2022). Als notwendiges Vorwissen sind die fachlichen Grundlagen zur Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle vorgesehen: Die Lernenden sollten daher schon den Zellaufbau und die Funktionsweise, wesentliche Reaktionsgleichungen sowie ablaufende Teilreaktionen kennen.

Als Umfang für das Lernsetting sind 90 Minuten vorgesehen. Dabei ist das Ziel, die Lernenden in ihrer Informationsbewertungskompetenz durch den Vergleich der Informationsbeschaffung mit Suchmaschine und mit KI-Chatbot zu stärken. Gleichzeitig sollen die Lernenden die Frage „Sind Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzellen eine sinnvolle nachhaltige Alternative zu Verbrennungsmotoren?" diskutieren können.

Für diese Ziele recherchieren die Lernenden in Partnerarbeit mit dem ihnen zugewiesenen Tool (Suchmaschine oder KI-Chatbot) über den Aufbau, die Reaktionsabläufe und verschiedene Anwendungsfelder der Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle. Während der Recherche machen sie sich Notizen zu ihren Erfahrungen mit der Methode auf einem Bewertungsbogen. Gleichzeitig bearbeiten sie die inhaltlichen Aufgaben, um anschließend auf Vor- und Nachteile anhand des ausgefüllten Bewertungsbogens einzugehen. Danach werden neue Gruppen aus je zwei Partnergruppen gebildet, sodass die fachlichen Ergebnisse sowie das jeweilige Tool als Informationsquelle verglichen werden können. Hierbei füllen die Lernenden den Bewertungsbogen für die Recherchemethode aus. Anschließend wird die Aufgabe mithilfe des jeweils anderen Tools wiederholt und der Bewertungsbogen weiter ergänzt. Zum Schluss werden im Plenum beide Methoden zur Informationsbeschaffung verglichen und kritisch beur-

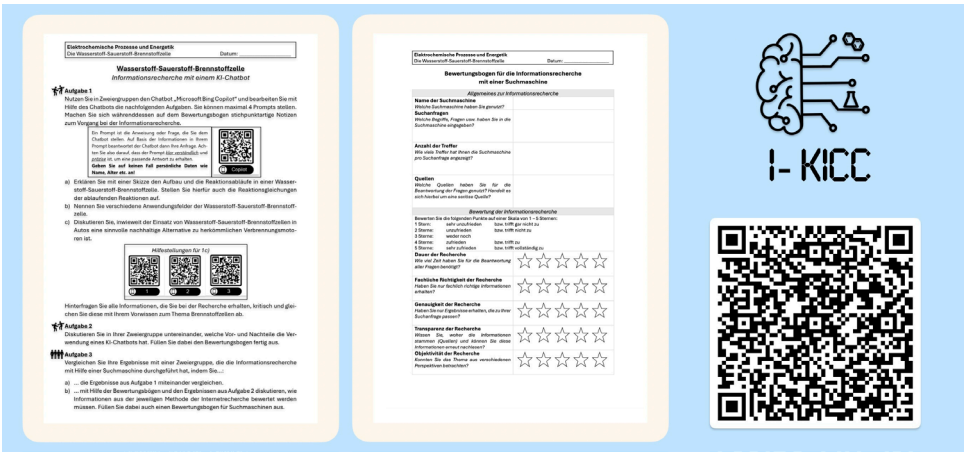


Abbildung 1: Material zur Unterrichtseinheit „Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle", links: Aufgabenblatt, Mitte: Bewertungsbogen, rechts: QR-Code zum Download

teilt. Ebenso werden Konsequenzen für die eigene Nutzung von KI-Chatbots zur Informationsbeschaffung diskutiert.

4 Ergebnisse der ersten Erprobung

4.1 Studiensetting und Methodik

Eine erste Erprobung des Lernsettings fand im Juni 2024 mit einem Leistungskurs und zwei Grundkursen der Q1 statt (N = 51). Die Erprobung erfolgte als Lernsetting ohne Wechsel innerhalb einer 45-Minuten Stunde, sodass die Partnergruppen eine Recherchemethode zugewiesen bekamen und die Bewertung der anderen nur durch die Gruppengespräche erfolgte. Als KI-Chatbot wurde zu dem Zeitpunkt Bing Copilot im Browser verwendet, da die Lernenden im schulischen Rahmen darauf Zugriff hatten. Die Begleitmaterialien wurden im Rahmen einer Masterthesis (Schnödewind, 2024) in Form von Arbeitsblättern entwickelt, die die Lernenden in Printform nutzten. Über die darauf enthaltenen QR-Codes konnten sie entsprechende Hilfestellungen abrufen. Die Evaluation des Lernsettings erfolgte durch die teilnehmenden Lernenden in Form eines Pre-/Post-Fragebogens, der Items zur Selbsteinschätzung der Informationsbewertungskompetenz (Beutelspacher, 2014; Beutelspacher, 2022) sowie Multiple-Choice-Items zum fachwissenschaftlichen Wissen zu dem Thema „Brennstoffzellen“ umfasste. Zusätzlich wurde im Pre-Test abgefragt, wie die Mediennutzung der Lernenden ist (Beutelspacher, 2014), sowie im Post-Test um eine Bewertung des Lernsettings und Materials gebeten.

4.2 Auswertung der Ergebnisse

Aufgrund der kleinen Stichprobe (N = 51) wurde der Shapiro-Wilk-Test mit einem Signifikanzniveau $\alpha = 0{,}05$ und anschließende Hypothesentests (gerichtete Wilcoxon-Tests) zur Überprüfung der Hypothesen durchgeführt. Die Ergebnisse der Hypothesentests sind signifikant, sodass die Nullhypothese verworfen wurde und bestätigt werden kann, dass das konzipierte Lernsetting sowie Materialien die Informationsbewertungskompetenz bezüglich der Bewertung von Informationsquellen und insbesondere die Bewertung von KI-Chatbots als Informationsquelle fördern. Aufgrund der geringen Stichprobengröße müssen aber diese ersten Ergebnisse im Rahmen weiterer Evaluationsrunden bestätigt werden.

Trotz kleiner Stichprobengröße konnten für den Lernerfolg durch das entwickelte Lernsetting erste positive Ergebnisse abgeleitet werden. Zunächst ließ sich durch die Auswertung der fachlichen Anteile der Fragebögen feststellen, dass im Rahmen der Einheit ein Anstieg an Fachwissen zum behandelten Thema messbar war. Der Anstieg bei der Verwendung von KI-Chatbots war in der Bepunktung des Wissenstests zwar etwas höher, aber ist statistisch nicht signifikant. Bei der Beobachtung der Lerngruppe während der Durchführung des Unterrichtssettings war jedoch auffällig, dass

die Lernenden in der Besprechung Fachbegriffe von der KI übernahmen, z. B. zu den Anwendungsfeldern der Brennstoffzelle, bei denen ihnen nicht klar war, was sich inhaltlich dahinter verbergen könnte. Auch freuten sich die Lernenden, dass die Suchmaschine direkt den Aufbau einer Brennstoffzelle zeigte, während Bing Copilot das nicht tat.

5 Ausblick

Für das Projekt I-KICC wurde bereits ein weiteres Lernsetting zur Anknüpfung an das Thema „Haber-Bosch-Verfahren" entwickelt (Chemiedidaktik Wuppertal, 2025). Dieses und das vorgestellte Lernsetting werden gegenwärtig durch verschiedene Kooperationsschulen erprobt, sodass eine umfangreichere Evaluation mit den aktuellen Fähigkeiten von KI-Chatbots erfolgen kann. Durch die Weiterentwicklung in der KI-Technologie verändern sich die Grenzen und Möglichkeiten der Tools.

Idealerweise könnten die Schlüsse, die Lernende aus dem Lernsetting ziehen, auch auf andere Settings übertragen werden. Bei aktuellen Tendenzen wie der Desinformationsflut zur Manipulation der Datengrundlage von KI-Chatbots wäre eine kritische Haltung gegenüber generierten Informationen wünschenswert (Walter & Muros, 2025). Gleichzeitig wird in aktuellen Befunden deutlich, dass die ausschließliche Nutzung von KI-Chatbots Einfluss auf das Lernen und somit auf die kognitive Entwicklung von Kindern haben kann (Kosmyna et al., 2025). Deshalb ist entscheidend, eine Methodenvielfalt zu vermitteln und Lernende zu ermutigen, auch andere Informationsquellen oder Hilfen zur Erbringung eigener kognitiver Leistungen zu nutzen.

Literatur

Beutelspacher, L. (2014). Erfassung von Informationskompetenz mithilfe von Multiple-Choice-Fragebogen, Information. *Wissenschaft & Praxis, 65*(6), 341–352, https://doi.org/10.1515/iwp-2014-0054

Beutelspacher, L. (2022). *Information Literacy as a Fundamental Skill in the Knowledge Society*. Diss. Düsseldorf.

Chemiedidaktik Wuppertal (2025). *Projekt I-KICC*. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/arbeitsgruppe/dr-diana-zeller-ar/arbeitsgebiete/projekt-i/

Dannecker, A. (2025, 10. Oktober). *Wie KI die Internetsuche verändert*. https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/suchmaschinen-kuenstliche-intelligenz-100.html (20.10.2025)

Díaz, B. & Delgado, C. (2024). Artificial intelligence: Tool or teammate? *Journal of Research in Science Teaching*, *61*(10), 2575–2584. https://doi.org/10.1002/tea.21993

Jazwinka, K. & Chadrasekar, A. (2025, 6. März). AI Search Has A Citation Problem. *Columbia Journalism Review*. https://www.cjr.org/tow_center/we-compared-eight-ai-search-engines-theyre-all-bad-at-citing-news.php (20.10.2025)

Kosmyna, N. et al. (2025). *Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task*. Preprint. https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.08872

Kultusministerkonferenz (2019). *Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html (20.10.2025)

Long, L. & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. *ACM*, 1–16.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule. Chemie*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/326/gost_klp_ch_2022_06_07.pdf (20.10.2025)

Schiffer, C. (2025). *Google wird zum KI-Chat: Was das neue Tool kann*. https://www.br.de/nachrichten/netzwelt/google-suche-wird-zum-ki-chat-start-in-deutschland,Uz1GJ7e (20.10.2025)

Schnödewind, L. (2023). *Konzeption und Erprobung von Arbeitsmaterialien zur Nutzung von KI-Chatbots im Chemieunterricht mit dem Fokus auf der Förderung der Informationsbewertungskompetenz* (Masterarbeit). Universität Wuppertal.

Vodafone-Stiftung (2024). *Pioniere des Wandels: Wie Schüler:innen KI im Unterricht nutzen möchten*. https://www.vodafone-stiftung.de/wp-content/uploads/2024/03/Pioniere-des-Wandels-wie-Schueler-innen-KI-im-Unterricht-nutzen-wollen-Jugendstudie-der-VS-2024.pdf (20.10.2025)

Vodafone-Stiftung (2025). *KI an europäischen Schulen: Deutscher Bericht zur Befragung von 12- bis 17-Jährigen in sieben europäischen Ländern*. https://www.vodafone-stiftung.de/wp-content/uploads/2025/01/KI_an_europaeischen_Schulen_Deutscher_Laender bericht_IPSOS.pdf (20.10.2025)

von Garrel, J. & Mayer, J. (2025). *Künstliche Intelligenz im Studium – Eine quantitative Längsschnittstudie zur Nutzung KI-basierter Tools durch Studierende*. Preprint, Hochschule Darmstadt. https://doi.org/10.48444/h_docs-pub-533

Walter, J. & Muros, C. (2025, 23. März). *Faktencheck: Wie erkenne ich Fehler bei KI-Chatbots?* https://www.dw.com/de/faktencheck-russland-ki-chatbots-desinformation-falschinformation/a-71998530 (20.10.2025)

Keywords: KI-Chatbots, Kritischer Medienumgang, Informationsbewertung, KI-Kompetenz

Erik Kremser und Maja Stützer

Was soll es denn sein?

Eine Datenbank von Versuchen für den Physikunterricht

1 Ausgangslage

Versuche[1] übernehmen eine Vielzahl von Funktionen in Lehr-Lernprozessen der Biologie, Chemie und Physik und sind daher ein wesentlicher Teil dieser (Kircher et al., 2009). Lehrende an Schulen und Hochschulen, Studierende für das Lehramt in den Naturwissenschaften und Referendar*innen benötigen Versuche für Lehr-Lernprozesse. Die zur Verfügung stehende Zeit wird im Wesentlichen für die Planung der Durchführung des Unterrichtes benötigt und lässt kaum Zeit für die Entwicklung von Versuchen. Die Suche nach geeigneten Versuchen gestaltet sich schwierig und vor allem zeitaufwändig. Es gibt zwar zahlreiche Bücher und Datenbanken im Internet, doch werden diese recht selten genutzt (Buntins et al., 2024). Gründe hierfür könnten sein, dass die Dokumentation der gefundenen Versuche nicht ausreichend dafür ist, diese mit einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit aufzubauen und durchführen zu können. Um eine Datenbank den Bedürfnissen potentieller Nutzer*innen anzupassen, wird beispielhaft für die Physik in einer wissenschaftlichen Hausarbeit folgenden Fragestellungen nachgegangen (Stützer, 2025):

FF1: Was sind aus Sicht von Student*innen und Referendar*innen im Lehramt Physik sowie berufstätigen Physiklehrkräften die zentralen Anforderungen an eine digitale Datenbank, welche Informationen für Versuche im Physikunterricht bereitstellt?

FF2: Welche Herausforderungen, Lösungsansätze und Grenzen ergeben sich für die Realisierung einer entsprechenden Datenbank?

2 Methodik

Vorrangiges Ziel ist die Analyse dessen, wie eine Datenbank sowohl von der Bedienung als auch vom Inhalt aufgebaut sein muss, um den Vorstellungen der Zielgruppe zu entsprechen. Um dies zu gewährleisten, werden zunächst Leitfäden für Gruppeninterviews ausgearbeitet. In Anlehnung an Krüger et al. (2014) erfolgt die Entwicklung der Kategorien deduktiv durch Sichtung bestehender Datenbanken. Der Leitfaden wird mithilfe von Studierenden überprüft und anhand der Rückmeldungen überarbeitet (Stützer, 2025). In den Gruppeninterviews wird zudem die Methode der Kartenabfrage verwendet, um das „vorhandene geheime Bild“ (Meyer, 2017, S. 145), in

1 Dieser Artikel verwendet die Begriffe Versuch und Experiment synonym, wie es im internationalen Sprachgebrauch üblich ist (Kircher et al., 2015, S. 228).

diesem Fall einer digitalen Datenbank für Versuche im Physikunterricht, jeder Einzelperson sichtbar zu machen. In Anlehnung an Meyer (2017) wird dies realisiert, indem die teilnehmenden Personen während einer kurzen Arbeitsphase zu Beginn des Interviews auf Stichpunktkarten ihre Anforderungen an die spezifischen Inhalte der Datenbank notieren und mithilfe von Magneten an einer Tafel anordnen. Der anschließende Dialog mit und über die Karten ermöglicht es, die eigenen Anforderungen mit denen der anderen zu vergleichen, ggf. zu ergänzen (Meyer, 2017, S. 145). Durch den Dialog sind die Ergebnisse der Kartenabfrage Bestandteil der Interviewaufzeichnung, weshalb beide Datenquellen nach der Phase der Datenerhebung manuell transkribiert und in einer qualitativen Inhaltsanalyse erforscht werden, wobei diese beiden Schritte der Datenauswertung den Ausführungen im Praxisbuch von Dresing und Pehl (2011) folgen.

Trotz der Durchführung der wissenschaftlichen Hausarbeit im Zeitraum der Prüfungsphase an den Universitäten und des Abiturs an den Schulen können sechs Studierende der Studiengänge Lehramt Physik (Gymnasium und Berufsschule), zwei Referendar*innen im Lehramt Physik und sechs berufstätige Physiklehrkräfte teilnehmen.

3 Ergebnisse

Aus der Forschungsarbeit ergibt sich für die Realisierung einer digitalen Datenbank die Umsetzung von Anforderungen in fünf Hauptkategorien, welche wie in Abbildung 1 zu erkennen, in Unterkategorien und diese nochmals in Aspekte unterteilt sind.

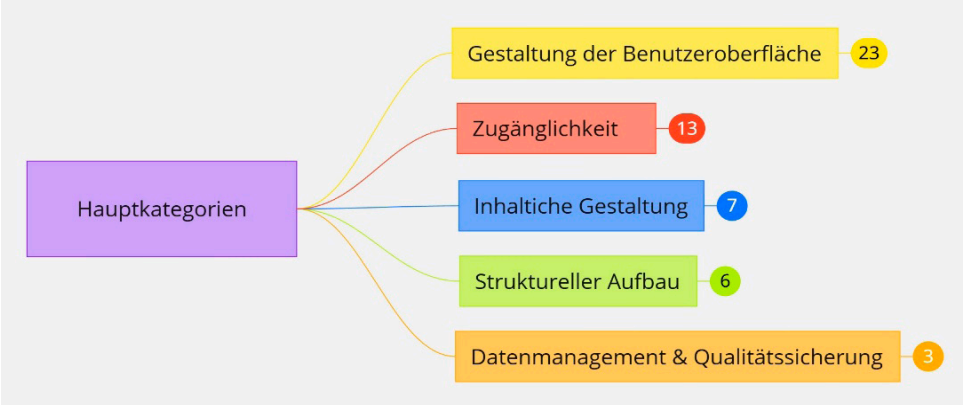


Abbildung 1: Übersicht der fünf Hauptkategorien der Anforderungen an die Datenbank. Sortierung nach absteigender Anzahl der jeweils verknüpften Unterkategorien und Aspekte (Summe). Abbildung erstellt mit Miro © 2025.

So ergeben sich in der Hauptkategorie „Gestaltung der Benutzeroberfläche“ wie in Abbildung 2 dargestellt vier Unterkategorien mit weiteren Aspekten (Anzahl in Klammern).

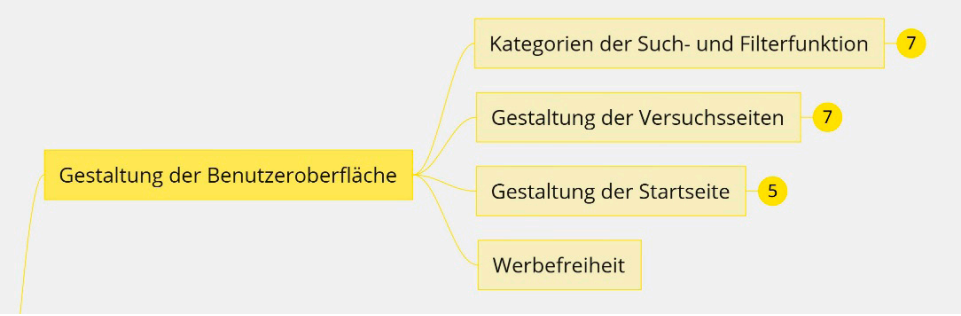


Abbildung 2: Übersicht der Unterkategorien der Hauptkategorie „Gestaltung der Benutzeroberfläche“. Sortierung nach absteigender Anzahl der jeweils verknüpften Aspekte (Anzahl). Abbildung erstellt mit Miro © 2025.

In der Unterkategorie „Kategorien der Such- und Filterfunktion“ fällt der Aspekt „Art des Experiments (Freihand/qualitativ/quantitativ)“ durch besonders häufige Nennung auf. Bei der Unterkategorie „Gestaltung der Versuchsseiten“ wird neben den Aspekten „Einordnung in Themenbereiche“, „Angabe des Versuchsziels“ und „Angabe des benötigten Materials“ auch die „Bewertung der Reproduzierbarkeit“ genannt.

In der Hauptkategorie „Zugänglichkeit“ haben sich die Unterkategorien „Leserecht für alle Personen im Internet“ und „Nutzung von Vorteilen bei kostenloser Registrierung“ ergeben. Letztere umfasst Aspekte wie „Einsicht und Nutzung des Kommentarbereichs“ und „Upload und Download einzelner Inhalte“ wie beispielsweise anpassbare Arbeitsblätter, Versuchsskizzen und Bilder der Versuche. Auch die Möglichkeit zur „Individualisierung“ wird als Aspekt dieser Unterkategorie genannt, die befragten Personen wünschen sich persönliche Favoritenlisten und einen Merkzettel für benötigtes Material. Eine weitere Unterkategorie der Hauptkategorie „Zugänglichkeit“ ist zudem die „Technische Verfügbarkeit“. Diese umfasst die Aspekte „Verfügbarkeit auf verschiedenen Endgeräten“ und die „Gestaltung als Internetseite“.

Die Hauptkategorie „Inhaltliche Gestaltung“ umfasst drei Unterkategorien. Die Unterkategorie „Spezifische Inhalte“ enthält Aspekte wie beispielsweise „Versuchsziel“, „Einführung im Unterricht“, „Durchführung und Aufbau“, „Beobachtung und Auswertung“ und „Tipps und Tricks“. Zudem bildet sich die Unterkategorie „Kommentarbereich für jeden Versuch“ mit Aspekten wie der „Dokumentation von Erfahrungswerten“, den „Austausch von Tipps und Tricks“ und die „Diskussion von Fragen und Problemen“ heraus. Die letzte Unterkategorie ist der „Bereich für die Dokumentation bereits erfolgreich erprobter Unterrichtsreihen“.

Zur Hauptkategorie „Struktureller Aufbau“ werden die Unterkategorien „Vernetzungen von Versuchen innerhalb der Datenbank“ und „Vernetzung zu externen Inhalten“ explizit genannt. Wünschenswerte Aspekte dieser Unterkategorie sind „Videos“, „Simulationen“ und „andere Internetseiten“. Auch die „Verlinkung alternativer Versuche am Ende eines Versuchs“ stellt sich als Aspekt heraus.

Bei der Hauptkategorie „Datenmanagement und Qualitätssicherung werden die Unterkategorien „Beschränkung der Inhalte der Datenbank auf die Ausarbeitungen des Demonstrationspraktikums“ und die „Bereitstellung einer Vorlage im Layout der Gestaltung der Versuchsseiten“ unter Berücksichtigung des Aspekts, die „Kategorien der Suchfunktion als Schlagworte an- und abwählen“ zu können, von den Befragten genannt.

4 Diskussion

Die Anhäufung der Anforderungen im Bereich der Hauptkategorie „Benutzeroberfläche“ bestätigt, dass die Bedienung einer Datenbank, also die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, von großer Bedeutung ist und damit maßgeblichen Anteil daran hat, ob eine Datenbank genutzt wird oder nicht (TAM-Modell; Davis, 1989; Scherer & Teo, 2019).

Mit den zahlreichen Angaben der Aspekte der Such- und Filterfunktionen und insbesondere der Unterscheidung in Freihandversuche, qualitative oder quantitative Versuche und der Unterscheidung, ob analoge oder digitale Messtechnik eingesetzt wird, wird deutlich, dass die Befragten gezielt nach Versuchen für unterschiedliche Einsatzzwecke suchen. Bei den bisher vorhandenen Datenbanken müssen hierzu mehrere dieser durchsucht werden, weil entweder nur Freihandversuche angeboten werden (Datenbank Experimentis) oder nicht aufgelistet wird, welche Geräte und Materialien benötigt werden (PhySX oder LEIFIphysik), was zusätzliche Zeit in Anspruch nimmt.

Mit der Nennung des Aspekts „Bewertung der Reproduzierbarkeit“ bei der „Gestaltung der Versuchsseiten“ wird deutlich, dass es nicht nur ausreicht, Versuche anzubieten, sondern diese müssen auch reproduzierbar sein (Borg Marks et al., 2022). Zur Reproduzierbarkeit sind in den Datenbanken ebenso wenige Informationen zu finden wie zu „Tipps und Tricks“, um die Reproduzierbarkeit zu fördern. Auch ein „Kommentarbereich für jeden Versuch“ zum Austausch von Erfahrungen und zum Austausch von Fragen und Problemen fehlen in den bisher angebotenen Datenbanken.

Dies könnten alles Gründe sein, warum die existierenden Datenbanken nur wenig genutzt werden, wie die Untersuchung von Buntins et al. (2024) hervorgebracht hat, was wiederum den Schluss zulässt, dass die bestehenden Datenbanken durch eine entsprechende Erweiterung einen größeren wahrgenommenen Nutzen bieten könnten. Somit ergibt sich die Notwendigkeit einer neuen Datenbank, die diese zusätzlichen genannten Anforderungen berücksichtigt.

5 Realisierung

Basierend auf den Ergebnissen der wissenschaftlichen Hausarbeit haben Studierende des Fachbereichs Informatik der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen des fünfmonatigen Bachelorpraktikums und in Kooperation mit der Studierenden, die die

wissenschaftliche Hausarbeit angefertigt hat, sowie der Leitung des Demonstrationspraktikums eine Datenbank realisiert. Nach Davis (1989) steht die wahrgenommene Nützlichkeit im Fokus, weshalb die Umsetzung der durch die Methode erfassten Anforderungen in Reihenfolge der Häufigkeit ihrer Nennung erfolgt, wobei aufgrund des begrenzten Zeitraums des Bachelorpraktikums noch nicht alle Wünsche umgesetzt werden können. Die zentralen Anforderungen der Zielgruppe wie die Gestaltung der Zugänglichkeit, eine Bewertungsoption und die Möglichkeit zum Austausch sind aber bereits erfüllt. Die Datenbank ist erreichbar unter https://www.vipda.de.

6 Ausblick

Für weitere Forschungsarbeiten steht insbesondere die Überprüfung der Repräsentativität der identifizierten Vorstellungen aus. In Anlehnung an Krüger et al. (2014) wird vorgeschlagen, „[…] quantitative Befragungen [durchzuführen], in denen die qualitativ erhobenen Vorstellungen präsentiert werden und danach gefragt wird, inwieweit die Vorstellung vertreten oder dieser zugestimmt werden kann“ (S. 145). Darüber hinaus wird die bisher realisierte Datenbank genutzt, um Rückmeldungen hinsichtlich der Inhalte und der Bedienung zu erhalten, um diese den Anforderungen weiter anzupassen. Weiterhin wird eine Möglichkeit der Finanzierung gesucht, um einerseits die Verbreitung der Datenbank zu fördern und andererseits die Datenbank an die Anforderungen weiter anzupassen und für die Nutzung durch ein großes Publikum zu hosten.

Literatur

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–339.

Dresing, T. & Pehl, T. (Hrsg.). (2011). *Praxisbuch Transkription: Regelsysteme, Software und praktische Anleitungen für qualitative ForscherInnen* (2. Aufl.). Dr. Dresing und Pehl GmbH.

Borg Marks, J., Galea, P., Gatt, S. & Sands, D. (Hrsg.). (2022). *Physics teacher education. What matters?* Springer.

Buntins, K., Diekmann, D., Klar, M., Rittberger, M. & Kerres, M. (2024). Material teilen? Praktiken der Entwicklung und Nutzung digitaler Unterrichtsmaterialien von Lehrpersonen an Schulen in Deutschland. *MedienPädagogik*, 1–33.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2009). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (2. Aufl.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01602-8

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0

Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer.

Meyer, H. (2017). *Unterrichtsmethoden II: Praxisband* (15. Aufl.). Cornelsen.

Scherer, R. & Teo, T. (2019) Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta analysis. *Educational Research Review, 27*, 90–109. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001

Stützer, M. (2025). *Entwicklung einer digitalen Datenbank für Versuche im Physikunterricht*. Wissenschaftliche Hausarbeit, Technische Universität Darmstadt. https://doi.org/10.26083/tuprints-00030239

Keywords: Datenbank, Physik, gelingende Versuche

Erik Kremser und Anne Carolin Koß

Lernplattform zum Erwerb digitalisierungsbezogener Kompetenzen in einer Institution am Beispiel des Fachbereichs Physik der TU Darmstadt

1 Einleitung

Die Schülerinnen und Schüler sollen in ihrer Schulzeit die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen erwerben, die in der „Bildung für eine digitale Welt" formuliert wurden (KMK, 2016). Für die Hochschulen hat die KMK die Forderung formuliert, dass der Erwerb digitalisierungsbezogener Kompetenzen Gegenstand von Studium und Lehre in den Lehramtsstudiengängen sein soll (KMK, 2016). Sowohl an den Schulen als auch an den Hochschulen werden unterschiedliche Programme zur Integration digitalisierungsbezogener Kompetenzen in die Lehrveranstaltungen aufgelegt. Zur Begleitung des jeweiligen Programms bietet sich eine Lernplattform an, weil diese

- die Sichtbarkeit der Integration digitalisierungsbezogener Kompetenzen in Lehr-Lernszenarien in der Gemeinschaft (Schule oder Hochschule) bei Beteiligten und Nicht-Beteiligten in Form einer offenen Bildungsressource gewährleistet;
- eine Orientierung für Lehrende und Lernende hinsichtlich der in den jeweiligen Lehrveranstaltungen thematisierten Kompetenzen, Methoden und Werkzeugen sowie deren Verknüpfung bietet;
- die Offenheit für inhaltliche und strukturelle Weiterentwicklungen bietet, in dem eine Plattform nicht nur als Informations-, sondern auch als Austauschplattform dient.

Vorteil von offenen Bildungsressourcen ist, dass sie das kollaborative und partizipative Lehren und Lernen ermöglichen und fördern (Otto, 2019) und das autonome Lernen fördern (Cacheiro-Gonzalez et al., 2019; Pamuk & Peker, 2009). Kurucay & Inan (2017) stellten fest, dass Lernplattformen die einfachste Möglichkeit darstellen, um Inhalte, Aktivitäten und Bewertungen zu verwalten und die Kommunikation mit Gleichaltrigen zu verstärken. Da nahezu alle Universitäten und Schulen Lernplattformen nutzen und diese für alle Lehrenden und Lernenden zugänglich sind, ist es der einfachste und auch naheliegendste Weg, Informationen bereitzustellen.

Um die Lernplattform an die Bedürfnisse der Nutzenden, in diesem Fall an einer Universität, anzupassen, stellen sich folgende Fragen:

FF1: Besteht ein Bedarf seitens Dozierender und Studierender hinsichtlich einer Lernplattform zu digitalisierungsbezogenen Kompetenzen?

FF2: Welche Anforderungen und Bedarfe haben Dozierende und Studierende hinsichtlich des Inhalts und der Gestaltung an eine Lernplattform zu digitalisierungsbezogenen Kompetenzen?

2 Methode

Um die Lernplattform an die Bedürfnisse der Dozierenden und Studierenden anpassen zu können, gilt es den Bedarf dieser Nutzergruppen hinsichtlich des Inhaltes und der Gestaltung der Lernplattform in Erfahrung zu bringen.

Für diese Analyse wurden leitfadengestützte Interviews mit Studierenden (überwiegend höheren Semesters) und den aktuellen Dozierenden der für den Studiengang Lehramt Physik exklusiven Lehrveranstaltungen (eLVs) durchgeführt. Diese Interviews wurden aus organisatorischen Gründen mit Dozierenden einzeln und mit Studierenden in Gruppen durchgeführt. Die Analyse der Interviews erfolgte nach einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010).

Zur Validierung der Nutzer_innenfreundlichkeit der Lernplattform wurde ein Feedback-Tool in die Plattform integriert, mit dem die Nutzenden, darunter Studierende und Dozierende, auf einer vierstufigen Likert-Skala zu Inhalt und Form eine Rückmeldung geben und sich zu zusätzlich gewünschten Inhalten und allgemeinen Aussagen zur Plattform frei äußern können. Das erhaltene Feedback wird momentan gesammelt, um einerseits die Realisierung zu reflektieren und andererseits Anregungen für zukünftige Verbesserungen der Lernplattform zu erhalten.

3 Ergebnisse aus den Interviews potenzieller Nutzender

Als Anforderungen an die Lernplattform werden die folgenden Punkte genannt (absteigend sortiert nach Häufigkeit der Erwähnung bei allen Befragten): Strukturiertheit, freie Zugänglichkeit, aktuelle Informationen, niedrige Hemmschwelle, freiwilliges Angebot, umfangreiche Suche, Informationen angepasst an Kompetenzgrad und intuitive Nutzung. Als hilfreiche Inhalte werden erwähnt: Datenbank mit Informationen, Hilfe zur Verwendung von digitalen Technologien und Methoden (dTMs), Rahmenbedingungen von dTMs, Vor- und Nachteile einzelner dTMs, Kategoriebildung von dTMs, möglicher Erfahrungsaustausch, verwendete Methoden, Verlinkungen zu weiteren Informationen, ausleihbare Hardware der Universität, Workshops/Angebote der Universität, Checkliste zur Reflexion des eigenen Kompetenzstands, Alternativen zu den verwendeten dTMs, Vergleichsmöglichkeiten der dTMs.

Einen Bedarf an einer Lernplattform sehen alle befragten Dozierenden und die Hälfte der Studierenden. Der Bedarf wird mit Aspekten des notwendigen Informationsaustausches über ein fächerübergreifendes Thema für die Qualifizierung als Lehrkräfte begründet. Die eher kritische Hälfte der Studierenden zweifelt an einer ausreichenden Verbreitung der Lernplattform, wenn diese zu wenig beworben wird oder die erste Nutzung negativ ausfällt. Bei den Befragungen wird deutlich, dass nahezu alle Befragten noch eine starke Fokussierung auf Werkzeuge aufweisen und weniger auf digitale Methoden oder die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen richten.

Aus den Vorstellungen zu den Anforderungen und der Darstellung ergeben sich zwangsläufig Begrenzungen und notwendige Funktionen in Bezug auf die Art der

Lernplattform. Sie sollte möglichst anpassbar, frei zugänglich und intuitiv bedienbar sein zur Realisierung einer niedrigen Hemmschwelle zur Nutzung.

3.1 Dozierende

Mit fünf der sieben kontaktierten Dozierenden, die die eLVs leiten, wurden Interviews mit einer Länge von neun bis 34 Minuten geführt. Während dieser Interviews wurde anhand ihrer unterschiedlichen Vorstellungen zur Lernplattform deutlich, welcher Fachrichtung (Fachdidaktik, Experimentalphysik bzw. theoretische Physik) sie zugehörig sind.

Bei den Dozierenden gab es teils sehr entgegengesetzte Aussagen zur Darstellung der Lernplattform: Während beispielsweise ein_e Dozent_in lediglich eine anwählbare, tabellarische Übersicht bevorzugt, möchte ein_e andere_r Dozent_in viele Videos und Fotos implementiert haben und fordert eine Gestaltung, die überrascht und den Nutzer anspricht. Betrachtet man alle Dozierenden, wurde am häufigsten der Wunsch nach einer Einbindung von Fotos genannt. Zu Videos gab es zwiespältige und widersprüchliche Aussagen, aber zwei Drittel der Dozierenden sprach positiv über deren Einbindung in die Lernplattform. Bei den negativen Aussagen zur Einbindung wurde der Aufwand als zu hoch für den Nutzen eingeschätzt, allerdings wurde explizit von selbsterstellten Videos ausgegangen. Zwei Dozierende bevorzugten das Lesen als primäre Informationsquelle.

Dozierende wurden nicht aktiv nach Werbemöglichkeiten für die Lernplattform gefragt, jedoch wurde selbstständig auf die Möglichkeit der Verlinkung der Lernplattform in Lehrveranstaltungen hingewiesen.

Alle Dozierenden äußerten sich positiv darüber, dass eine Lernplattform zu digitalen Methoden und Werkzeugen sinnvoll ist. Als Grund wurde am häufigsten der Informationsaustausch genannt, aber auch die Notwendigkeit einer Austauschplattform aufgrund des fächerübergreifenden Themas wurde zweimal erwähnt. Es ist somit ein Bedarf an einer Lernplattform auf Seite der Dozierenden erkennbar.

3.2 Studierende

Von 25 sowohl über inoffizielle Kommunikationswege als auch über Veranstaltungen angeschriebenen Studierenden waren sechs aus den höheren Semestern bereit, an zwei Gruppeninterviews teilzunehmen.

Als zentrale Anforderung wurde von allen Studierenden eine starke Strukturierung der Lernplattform genannt. Ideen zur inhaltlichen Ergänzung für die Lernplattform waren eine Übersicht der ausleihbaren Hardware an der Universität oder eine Übersicht für Workshops für spezifische digitale Werkzeuge an der Universität. Eine Aufzählung der Vor- und Nachteile von Methoden beziehungsweise Werkzeugen wurde von vielen Studierenden als wünschenswert angesehen; ebenso Hilfen zur Verwendung, Rahmenbedingungen, Verlinkungen zu weiteren Infos und die Einordnung in

Kategorien der Werkzeuge und Methoden. Zusätzlich wurde von zwei Studierenden eine Checkliste zur Reflexion für digitale Kompetenzen gefordert.

Den Wunsch nach Strukturierung aus den Anforderungen konkretisierten einige Studierende bei der Intervention zur Darstellung der Lernplattform: So sollte es nach der Übersicht tiefergehende Informationen geben, welche durch aktive Flächen erreichbar sind. Anschaulichkeit mit Fotos und Videos wurde gefordert. Die Videos sollen kompakt und von guter Qualität sein.

Zur Verbreitung der Information wurde von den Studierenden als erstes die Orientierungswoche für Studienanfänger_innen vorgeschlagen. Aber auch eine Verlinkung auf den Moodle-Kursen der für den Studiengang Lehramt Physik exklusiven Lehrveranstaltungen (eLVs) sowie das aktive Bewerben der Dozierenden in den eLVs wurden gewünscht. Im Falle der Realisierung als Moodle-Kurs wurde ein automatisches Einschreiben der Studienanfänger_innen gefordert.

4 Realisierung der Lernplattform mit den Informationen aus den Interviews

Es wurde eine Lernplattform in Moodle realisiert, welche an der Universität für den Informationsaustausch zu den Lehrveranstaltungen genutzt wird (HDA & HRZ, 2022) und somit eine geringe Hemmschwelle zu Nutzung bietet. Es sind Strukturierungen und optisch ansprechende Elemente entsprechend des Bedarfs der Studierenden realisierbar. Ein Erfahrungsaustausch ist durch Kommentarfunktionen oder ein Forum möglich. Es wird das Wiki-Format bei der Dokumentationsplattform bevorzugt, weil mit diesem Format eine kollaborative und partizipative Lernumgebung ermöglicht wird (vgl. Otto, 2019).

Die primäre Oberfläche des Kurses weist Kacheln für jede eLV auf, über welche eine Übersicht mit einer kurzen Beschreibung der Veranstaltung, einer tabellarischen Übersicht über die verwendeten und alternativen dTMs und direkte Verlinkungen zu den Datenbanken von Werkzeugen, Methoden und Kompetenzbereichen nach DiKoLAN (Becker et al., 2020) mit umfangreichen Informationen zu finden sind. Der gesamte Kurs ist aktiv verlinkt, sodass ein Klick auf bspw. ein ausgewähltes Werkzeug/eine ausgewählte Methode/einen ausgewählten Kompetenzbereich sofort zur Einzelseite des Ausgewählten mit tiefergehenden Informationen führt. Bei einigen Methoden sind auch Verlinkungen zu DiBaNa-Online integriert, um eine eigenständige Weiterbildung zu ermöglichen. Unter jedem Eintrag ist eine Kommentarfunktion und auf der Startseite auch gesonderte Foren für Studierende und Dozierende eingefügt.

Unterschiedliche Zugänge, z. B. in Form von tabellarischen Ansichten und Einzelansichten, sind selbstregulierend binnendifferenziert möglich, vergleichbar mit selbstregulierten Hilfekarten, wie beispielsweise von Nerdel (2017) beschrieben. Die Nutzer_innen können selbstständig entscheiden, ob sie tiefergehende Informationen zu den Themen erhalten wollen. Das Video mit der Anleitung für Anfänger startet nicht direkt beim Aufruf der jeweiligen Seite, sondern ist nur anwählbar und eine Option von vielen.

Besonders hervorzuheben an dieser Lernplattform ist die Vernetzung digitalisierungsbezogener Kompetenzen, Methoden und Werkzeuge, die den Nutzenden interessengesteuert unterschiedliche Zugänge ermöglicht. Mit einem Gast-Zugang unter https://moodle.tu-darmstadt.de/login/login.php kann der Moodle-Kurs „Digitale Technologien und Methoden im Lehramtsstudiengang Physik“ ohne Schreibrechte genutzt werden.

Die Validierung der Lernplattform erfolgt in Form eines 2-Minuten-Feedbacks im realisierten Moodle-Kurs. Die Auswertung der insgesamt sieben anonymen Rückmeldungen zeigt, dass die Optik und Strukturierung des Kurses von den Befragten als gelungen angesehen wird. Außerdem fehlen den Befragten allgemeine Foren und Anwendungsbeispiele, welche im Anschluss ergänzt wurden. Die weiteren, freien Rückmeldungen sind positiv lobend und zeigen die erfolgreiche Erstellung einer Lernplattform.

Momentan haben sich 62 Nutzende in den Kurs eingetragen, darunter Studierende und Dozierende auch aus anderen Fachbereichen. Diese Zahl ist bemerkenswert, wenn berücksichtigt wird, dass pro Semester nur zwischen 11 und 16 Studierende das Lehramtsstudium Physik aufnehmen.

Die Nutzerdaten zeigen, dass die Plattform in der Vorlesungszeit von Studierenden und Dozierenden genutzt und auch erweitert wird. Es fällt auf, dass die Zugriffszahlen vor Beginn der Vorlesungszeit besonders hoch sind. Demnach wird die Lernplattform zur Orientierung und Vorbereitung auf die Lehrveranstaltungen genutzt. Interessant ist auch, dass die Zugriffszahlen am Ende der Vorlesungszeit vergleichsweise hoch sind, was den Schluss zulässt, dass digitalisierungsbezogene Kompetenzen bereits Inhalt von Prüfungen anderer Fachbereiche sind, denn diese sind momentan noch nicht Teil der Modulbeschreibungen der Studiengänge Lehramt Physik.

5 Fazit

Es hat sich gezeigt, dass sowohl auf Seiten der Dozierenden als auch der Studierenden ein Bedarf an einer Lernplattform zum Erwerb digitalisierungsbezogener Kompetenzen besteht und zu dieser auch einige konkrete Vorstellungen und Wünsche vorhanden sind. Dabei ist deutlich geworden, dass nahezu alle Befragten noch eine starke Fokussierung auf Werkzeuge aufweisen und weniger auf digitale Methoden. Die Vorstellungen wurden größtenteils erfolgreich in einem Moodle-Kurs umgesetzt, welcher für alle Dozierenden und Studierenden der TU Darmstadt nutzbar ist.

Leider war sowohl die Beteiligung an den Interviews als auch an der Rückmeldung gering. Dennoch zeigen auch die wenigen, positiven Rückmeldung eine gewisse Akzeptanz gegenüber der Lernplattform bei den Befragten.

Literatur

Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/Projekte/Naturwissenschaften/2020_Nawi_Digitale_Basiskompetenzen_web.pdf

Cacheiro-Gonzalez, M. L., Medina-Rivilla, A., Dominguez-Garrido, M. C. & Medina-Dominguez, M. (2019). The Learning Platform in Distance Higher Education: Student's Perceptions. *Turkish Online Journal of Distance Education*, *20*(1), 71–95. https://doi.org/10.17718/tojde.522387

HDA & HRZ. (2022). *Lernplattform Moodle nutzen*. https://www.e-learning.tudarmstadt.de/online_lehre/lernplattform/index.de.jsp

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in einer digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf (17.01.2020).

Kurucay, M. & Inan, F.A. (2017). Examining the effects of learner-learner interactions on satisfaction and learning in an online undergraduate course. *Comput. Educ.*, *115*, 20–37.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Beltz.

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer Spektrum. http://www.springer.com/ https://doi.org/10.1007/978-3-662-531587

Otto, D. (2019). Offene Bildungsressourcen (OER) in der Lehrerausbildung. Die Bedeutung von Einstellungen und Kontextfaktoren. In J. Hafer, M. Mauch & M. Schumann (Hrsg.), *Teilhabe in der digitalen Bildungswelt* (S. 221–226). Waxmann.

Pamuk, S. & Peker, D. (2009). Turkish pre-service science and mathematics teachers' computer related self-efficacies, attitudes, and the relationship between these variables. *Comput. Educ.*, *53*, 454–461.

Keywords: digitalisierungsbezogene Kompetenzen, DiKoLAN, Lernplattform, Moodle

Julia Albicker, Christoph Thyssen und Johannes Huwer

Informatik unplugged in der Chemie?

Naturwissenschaftliche Prozesse als Algorithmen dargestellt

1 Algorithmen in den Naturwissenschaften

Für die Naturwissenschaften spielen informatische Inhalte und Kompetenzen heutzutage in vielen Bereichen eine zentrale Rolle. So gehören automatisierte Labore mit digitaler Messwerterfassung oder KI-gestützter Steuerung zum Alltag verschiedenster Naturwissenschaftler*innen. Um Schüler*innen ein realitätsnahes Bild des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu vermitteln und sie potenziell auf dieses vorzubereiten, sollten Konzepte der Informatik mit Schnittmengen zu den Naturwissenschaften als Grundlage für die Steuerung und das Verständnis dieser Technologien daher auch integrativ im Naturwissenschaftsunterricht behandelt werden.

Eine grundlegende Gemeinsamkeit zwischen den Naturwissenschaften und der Informatik liegt in der Beschreibung von Prozessen (Banerji, 2021): In der Informatik werden Programmabläufe mittels algorithmischer Strukturen beschrieben. Diese bestehen genau wie die Beschreibung vieler naturwissenschaftlicher Forschungsprozesse aus einer endlichen Anzahl an eindeutig ausführbaren Schritten (Hubwieser, 2007). Die für die Arbeit mit algorithmischen Prozessen erforderlichen Kompetenzen werden unter dem Begriff des *Computational Thinking* zusammengefasst (Wing, 2008) und lassen sich neben dem Informatikunterricht auch in den Naturwissenschaften adressieren (Banerji, 2021; Huwer & Pampel, im Druck). Für die Darstellung von Algorithmen werden in der Praxis häufig Flussdiagramme verwendet (Hering, 1989). Diese Darstellungsform ist unabhängig vom für die Umsetzung des Algorithmus verwendeten System und kann daher auch von Laien ohne Programmierkenntnisse nachvollziehbar sein.

Im Folgenden wird anhand von vier Unterrichtseinheiten gezeigt, wie algorithmische Strukturen gewinnbringend im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden können, um bei den Schüler*innen ohne den Einsatz von Technik, somit „unplugged", strukturiertes Denken gezielt zu fördern.

2 Konzeption von naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheiten zum Einsatz von Flussdiagrammen

Im Rahmen des Projekts GeNIUS[1] wurden vier Sequenzen für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in den Fächern Chemie, Biologie, Physik sowie dem diesen Fächern in Baden-Württemberg vorangestellten Fach BNT (Biologie, Naturphänomene und Technik) bzw. in Rheinland-Pfalz NaWi (Naturwissenschaften) entwickelt.

1 http://www.genius-schule.de/

Jede dieser Einheiten thematisiert informatische Aspekte, die unter Verwendung von Flussdiagrammen in naturwissenschaftliche Inhalte eingebettet werden, um Prozesse klarer zu strukturieren. Dem Prinzip der Partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002) folgend wurden die Sequenzen in enger Zusammenarbeit mit einer Expertengruppe aus 29 Lehrkräften (Chemie: 16, Biologie: 13, Physik: 8, BNT/NaWi oder NWT: 8), die über die Universitäts-Schulnetzwerke sowie weitere Kontakte des Projekt-Teams rekrutiert wurden, konzipiert. Hierzu wurden Ideen zu thematischen Einbettungsmöglichkeiten gesammelt und diskutiert. Vier dieser Ideen wurden basierend auf der praktischen Umsetzbarkeit, der von den Lehrkräften eingeschätzten Motivation der Schüler*innen für die Themen sowie deren Praxisrelevanz für die Konzeption der Szenarien ausgewählt. Die entwickelten Unterrichtskonzepte wurden von den Lehrkräften zunächst begutachtet, bevor eine überarbeitete Version in einem ersten Durchführungszyklus in 38 Klassen (Chemie: 6, Biologie: 13, Physik: 12, BNT/NaWi: 7) erprobt wurde. Kapitel 4 bietet für die Chemie-Einheit einen Einblick in die Evaluationsergebnisse aus diesem Zyklus.

3 Umsetzung der Unterrichtseinheiten und methodisches Vorgehen

Die vier hier vorgestellten Unterrichtseinheiten führen die Schüler*innen im Rahmen verschiedener naturwissenschaftlicher Kontexte in die Arbeit mit Flussdiagrammen ein. Dabei werden neben der Adressierung der jeweiligen naturwissenschaftlichen Lernziele auch informatische Konzepte wie der Begriff des Algorithmus sowie die Notation von Flussdiagrammen vermittelt. Darüber hinaus werden in jeder der Einheiten die folgenden fächerübergreifenden Lernziele adressiert: (1) Die Schüler*innen nennen für (Teil-)Schritte zur Lösung naturwissenschaftlicher Problemstellungen geeignete Elemente von Flussdiagrammen. (2) Die Schüler*innen beschreiben und formulieren eine Ablaufstrategie für einen naturwissenschaftlichen Prozess in Form eines Flussdiagramms.

Während die Unterrichtseinheit, die für den Chemieunterricht entwickelt wurde, den Fokus auf die Arbeit mit Flussdiagrammen zur Prozessbeschreibung legt, thematisieren die anderen drei naturwissenschaftlichen Einheiten schwerpunktmäßig andere Informatik-Inhalte, die wie in Kapitel 3.2 näher ausgeführt durch den Einsatz von Flussdiagrammen unterstützt werden.

3.1 Stofftrennung unter Einsatz von Flussdiagrammen im Chemieunterricht

Für den Chemieunterricht wurde eine Einheit entwickelt, in der Flussdiagramme zur strukturierten Planung und Dokumentation eines Versuchsablaufs eingesetzt werden. Die Unterrichtseinheit richtet sich an Schüler*innen der 7.–8. Klasse.

Inhaltlich thematisiert die Einheit die Trennung von Stoffgemischen am Beispiel eines Gemisches aus Steinen, Sand und Salz. Dabei werden die Verfahren Sedimentieren und Dekantieren, Filtrieren und Eindampfen als Algorithmus in Form eines Fluss-

diagramms dargestellt. Anschließend werden diese von den Schüler*innen zu einem zusammenfassenden Flussdiagramm kombiniert, das den Gesamtversuch zur Trennung des Salzes aus dem Stoffgemisch beschreibt.

Da die Schüler*innen bisher keine Erfahrung mit Flussdiagrammen haben, wird die Methode schrittweise nach dem PRIMM-Konzept eingeführt (Sentance & Waite, 2017). Für den Einstieg in die Arbeit mit Algorithmen in Form von Programmcode empfehlen Sentance und Waite, den Code und dessen Ergebnis zunächst nachzuvollziehen (Predict), auszuführen (Run) und im Detail zu betrachten (Investigate), um ihn darauf aufbauend zu modifizieren (Modify) und schlussendlich selbst erstellen zu können (Make). Entsprechend lernen die Schüler*innen in der Unterrichtseinheit die Methode anhand eines Flussdiagramms für den ihnen bereits bekannten Prozess des Filtrierens kennen. Nachdem sie dieses nachvollziehen (Predict, Abb. 1.a) und nach verschiedenen Charakteristika untersuchen (Investigate), bearbeiten sie den Entwurf eines Flussdiagramms zum Sedimentieren und Dekantieren (Modify, Abb. 1.b) und erstellen schlussendlich für den Prozess des Eindampfens selbst ein Flussdiagramm (Make, Abb. 1.c). Die neu erworbenen Kompetenzen zur Erstellung von Flussdiagrammen nutzen die Schüler*innen dann zur strukturierten Planung und Notation des komplexeren Gesamtversuchs (Make, Abb. 1.d). Da die Flussdiagramme anders als Programmcode nicht von einer Maschine, sondern direkt von den Schüler*innen ausgeführt werden, ist der Schritt der Versuchsdurchführung (Run) deutlich anspruchsvoller als im ursprünglichen PRIMM-Konzept und bildet daher den Abschluss der Einheit.

3.2 Einsatz von Flussdiagrammen in weiteren naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheiten

Die drei Einheiten, die neben der Unterrichtssequenz für das Fach Chemie entwickelt wurden, sind in der Unterstufe angesiedelt. Im Fach Biologie beschäftigen sich die Schüler*innen mit KI-basierter Pflanzenbestimmung und stellen sowohl die Vorgehensweise der Laubbaumbestimmung durch den Menschen als auch die Verarbeitung durch eine Bestimmungs-KI, umgesetzt durch das Tool *Machine Learning for Kids*[22], mit je einem Flussdiagramm dar. In der Physik führen die Schüler*innen die Planung und den Bau eines digitalen Rauchmelders durch. Das zentrale Element bildet ein Mikrokontroller, dessen Steuerung mittels Flussdiagramm geplant und dann als Programmcode umgesetzt wird. Für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht, der in Baden-Württemberg (BNT) und Rheinland-Pfalz (NaWi) in Klasse 5 und 6 stattfindet, wurde eine Einheit konzipiert, in welcher die Schüler*innen experimentell verschiedene Dämmstoffe vergleichen, indem sie eine Mikrokontroller-gesteuerte Temperaturmessung umsetzen. Die Versuchsdurchführung wird von den Schüler*innen mit einem Flussdiagramm festgehalten. Wie die Chemieeinheit orientieren sich auch die anderen Einheiten am PRIMM-Konzept, wobei in der Physik-Einheit nach einer gemeinsamen Besprechung des Ablaufs dieser direkt von den Schüler*innen als

2 https://machinelearningforkids.co.uk/

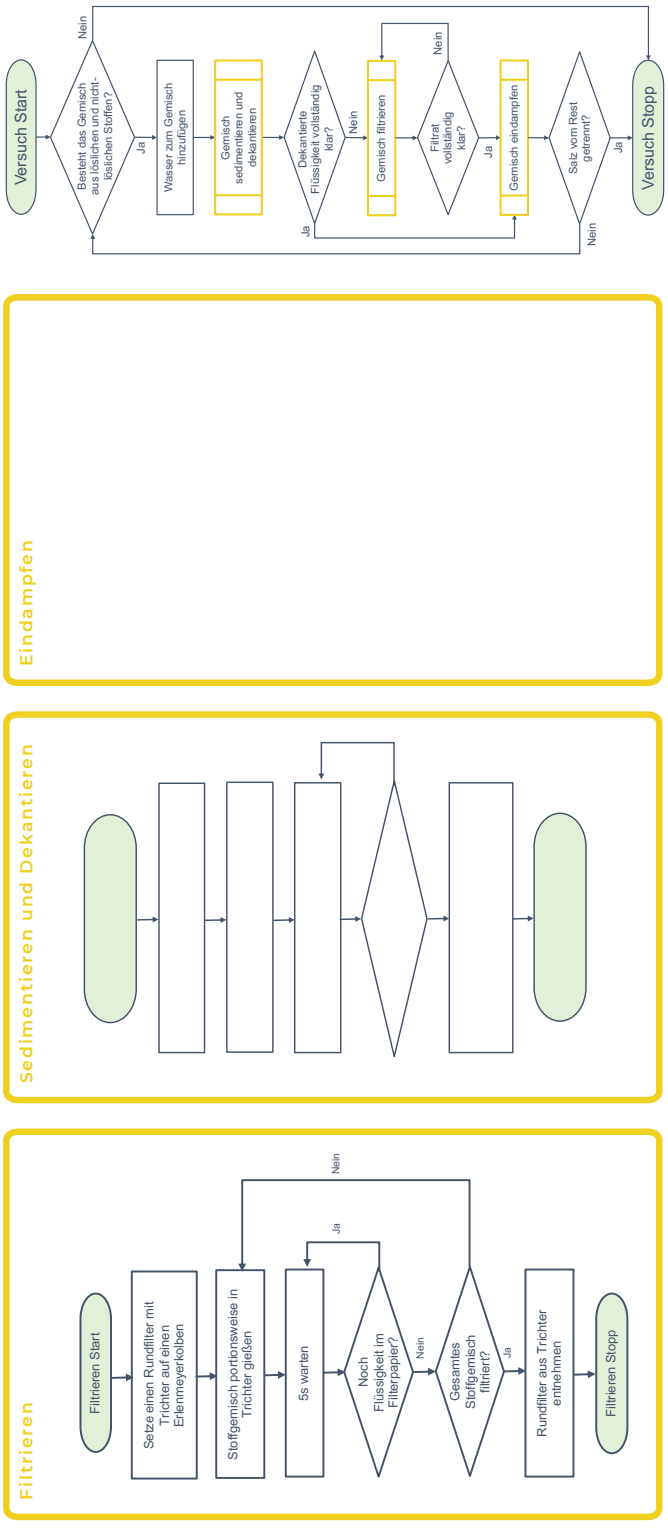


Abbildung 1: In der Chemie-Einheit eingesetzte Flussdiagramme

Flussdiagramm dargestellt wird (Make), da es besonders wenige Schritte beinhaltet, und somit leicht zu erstellen ist.

3.3 Methodisches Vorgehen

Die vorgestellten Unterrichtseinheiten werden aktuell in Schulen erprobt und im Prä-Post-Design mit den folgenden Forschungsfragen untersucht: FF1: Erlernen die Schüler*innen im Verlauf der Unterrichtseinheit sowohl Chemie- als auch Informatik-Inhalte und Kompetenzen? FF2: Inwiefern verändert sich das Selbstkonzept der Schüler*innen bzgl. der Fächer Chemie und Informatik durch die Auseinandersetzung mit den fächerverbindenden Inhalten der Unterrichtseinheit?

Für die Forschungsfrage 1 wurden zwei Leistungstests entwickelt, wovon einer den Lernfortschritt der Schüler*innen in Bezug auf die Chemie-Lernziele der Einheiten bewertet und der andere die erworbenen Informatikkenntnisse adressiert. Um den Lernzuwachs differenziert messen zu können, wurden in den Tests sowohl Reproduktions-, Reorganisations- als auch Transferaufgaben eingesetzt. Neben dem Lernzuwachs wurde im Rahmen von Forschungsfrage 2 außerdem das Selbstkonzept der Schüler*innen im Fach Chemie und Informatik mittels des DISK-Gitters von Rost und Sparfeldt (2002) untersucht. Ergänzend wurde im Posttest die Motivation der Schüler*innen in Bezug auf die Einheit mittels der Kurzskala intrinsischer Motivation von Wilde et al. (2009) erhoben.

Durch unvollständig oder ungültig ausgefüllte Tests ergeben sich variierende Stichprobengrößen. Für die Evaluation wurde pro Test die maximale Anzahl valider Antworten ausgewertet. Da für die meisten Tests keine Normalverteilung vorliegt, wurde als einheitliche Auswertungsmethode der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verwendet.

Ergänzend zur Befragung der Schüler*innen wurden außerdem Interviews mit den Lehrkräften geführt, welche die Chemie-Einheit durchgeführt haben.

4 Einblick in die Evaluationsergebnisse

Erste Ergebnisse der Chemie-Einheit (s. Tab. 1) zeigen, dass die Schüler*innen hinsichtlich der Chemielernziele einen signifikanten Leistungszuwachs mit großer Effektstärke verzeichnen können. Auch im Bereich der Informatik wurde ein signifikanter Leistungszuwachs beobachtet, hier mit mittlerer Effektstärke. Neben den Lerneffekten zeigten die Schüler*innen bezüglich Informatik einen signifikanten Zuwachs im Selbstkonzept mit kleiner Effektstärke, während bezüglich Chemie keine signifikante Änderung festgestellt wurde. Das Informatik-Selbstkonzept der Schüler*innen konnte also im Rahmen des Chemie-Unterrichts positiv beeinflusst werden, ohne durch die Integration der Informatik-Inhalte einen signifikanten Abfall des Chemie-Selbstkonzepts zu bewirken.

Tabelle 1: Ergebnisse der Leistungstests in Chemie und Informatik (Maximalpunktzahl: $m_{che} = 120$, $m_{inf} = 10$) sowie des Selbstkonzeptfragebogens bzgl. Chemie und Informatik

		Prä		Post				
	n	M	SD	M	SD	z	p	r
Leistungstest Chemie	99	32.93	17.47	63.01	25.25	7.71	< 0.001	0.76
Leistungstest Informatik	112	6.54	1.96	7.79	1.98	4.93	< 0.001	0.47
Selbstkonzept Chemie	95	28.64	8.82	29.13	9.65	1.40	0.16	
Selbstkonzept Informatik	85	25.94	10.08	28.54	9.49	−2.58	0.01	0.28

Die auf die Einheit rückblickend erhobenen Motivationswerte (s. Tab. 2) sind vergleichbar hoch wie die von Wilde et al. (2009) im Rahmen eines außerschulischen Museuumsbesuchs gemessenen und werden daher als positiv motiviert bewertet.

Tabelle 2: Ergebnisse der Motivationsbefragung bzgl. der Unterrichtseinheit nach Subskalen

		Vergnügen		Kompetenz		Wahlfreiheit		Druck	
	n	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Motivation bzgl. Einheit	116	7.56	3.02	7.27	2.95	6.22	2.90	3.66	3.05
Vergleich Wilde et al. (2009)	174	8.66	2.87	7.44	2.54	6.60	3.00	3.98	2.45

Die durchführenden Lehrkräfte beschrieben den Einarbeitungsaufwand in das fachfremde Gebiet der Algorithmen und Flussdiagramme als gering. Darüber hinaus wurde der Umgang mit Flussdiagrammen als für die Schüler*innen motivierend beschrieben, wobei besonders positive Effekte bei Kindern mit Sprachproblemen beobachtet wurden, was auf die sprachreduzierte, bildliche Prozessbeschreibung zurückgeführt wurde.

5 Weitere Einsatzmöglichkeiten von Algorithmen im Naturwissenschaftsunterricht – Einschätzung von Lehrkräften

Zur Identifikation weiterer Einsatzfelder von Algorithmen im Naturwissenschaftsunterricht wurde eine Befragung mit 45 Lehrkräften durchgeführt. Die 63 Vorschläge der Lehrkräfte wurden per induktiver Kategorienbildung von zwei Ratern ($\kappa = 0.80$) in die folgenden Kategorien eingeordnet: (a) Beschreibung von Prozessen, die von Naturwissenschaftler*innen ausgeführt und geplant werden; (b) Darstellung von Prozessen, die in der Natur ablaufen; (c) Strukturierte Vorgehensweise mit (Reaktions-)Gleichungen und Formeln; (d) Automatisierung von Prozessen; (e) Leistungsüberprüfung; (f) Allgemeine Förderung naturw. Denk- und Argumentationsstrukturen.

Die Flussdiagramme und Algorithmen der hier vorgestellten Unterrichtseinheiten lassen sich ebenfalls in diese Kategorien einordnen: In der Chemie- und Biologie-Einheit nutzen die Schüler*innen Flussdiagramme als Versuchs- bzw. Vorgehensbeschreibung (Kategorie a.), während in Physik das Flussdiagramm die Basis für die Prozessautomatisierung bildet (Kategorie d.). Die BNT/NaWi-Einheit deckt beide dieser Kategorien ab.

6 Fazit

Anhand von vier Unterrichtseinheiten konnte demonstriert werden, wie Flussdiagramme im Naturwissenschaftsunterricht gewinnbringend eingesetzt werden können, um den Schüler*innen eine sprachreduzierte Prozessbeschreibung näherzubringen und dabei algorithmisches Denken zu fördern. Der Einsatz algorithmischer Strukturen ermöglicht einen niederschwelligen Einstieg in die Integration von Informatik in den Naturwissenschaftsunterricht ohne den Einsatz von Technik. Neben den vorgestellten Einheiten sehen Lehrkräfte viele weitere Einbettungsmöglichkeiten für Flussdiagramme im Naturwissenschaftsunterricht.

Literatur

Banerji, A., Thyssen, C., Pampel, B. & Huwer, J. (2021). Naturwissenschaftsunterricht und Informatik: Bringt zusammen, was zusammen gehört?! *ChemKon*. https://dx.doi.org/10.1002/ckon.202100008

Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie konkret – Forum für Unterricht und Didaktik*, *9*, 13–18. https://doi.org/10.1002/1521-3730(200201)9:1%3C13::AID-CKON13%3E3.0.CO;2-5

Hering, E. (1989). Programmablaufplan nach DIN 66 001. In E. Hering & H. Schumy (Hrsg.), *Software-Engineering* (S. 22–29). Vieweg + Teubner Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-663-12366-8_4

Hubwieser, P. (2007). *Didaktik der Informatik: Grundlagen, Konzepte, Beispiele*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72478-0

Huwer, J. & Pampel, B. (2026, im Druck). *Computational Thinking in Science Education*. In B. Akpan, T. J. Kennedy & B. Çavaş (Hrsg.), *Science Education in a Digital Age*. Springer Nature.

Rost, D. H. & Sparfeldt, J. R. (2002). Facetten des schulischen Selbstkonzepts: Ein Verfahren zur Messung des differentiellen Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten (DISK-Gitter). *Diagnostica*, *48*(3), 130–140. https://doi.org/10.1026/0012-1924.48.3.130

Sentance, S. & Waite, J. (2017). PRIMM: Exploring pedagogical approaches for teaching text-based programming in school. *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, 113–114. https://doi.org/10.1145/3137065.3137084

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN*, *15*, 31–45.

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *366*(1881), 3717–3725. https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118

Keywords: Prozessbeschreibung, Flussdiagramme, Informatik, fächerübergreifend

Julia Lademann und Sebastian Becker-Genschow

Custom KI-Chatbots zur Unterstützung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen

Thematische Einführung und Ergebnispräsentation einer Pilotstudie

1 Einleitung

Seit der Veröffentlichung von ChatGPT im Jahr 2022 rückt die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) zunehmend in den Fokus schulischer Bildung und Forschung (Fissore et al., 2024; Wollny et al., 2021). Die Geschwindigkeit dieser Entwicklung unterscheidet sich dabei fundamental von der vorangehender digitaler Innovationen und erfordert eine umgehende Reaktion der Forschungsgemeinschaft (Dunnigan et al., 2023). In der Vergangenheit konnten für die Anwendung von KI-Tools im schulischen Kontext bereits zahlreiche Vorteile identifiziert werden. Zum einen können KI-Tools Lehrkräfte unterstützen, indem sie für die Unterrichtsplanung oder die Generierung von differenzierten Lernmaterialien oder Feedback verwendet werden (Kasneci et al., 2023; Neumann et al., 2024). Ebenso können sie von Lernenden als intelligente tutorielle Systeme oder unterstützend bei Recherche- und Schreibaufgaben genutzt werden (Adiguzel et al., 2023; Küchemann, Avila et al., 2024). In der Rolle tutorieller Systeme können insbesondere auf Large Language Models (LLMs) basierende Chatbots, die mit Lernenden im Dialog kommunizieren, durch personalisierte und interaktive Lernansätze die Art und Weise des Lernens transformieren (Küchemann, Steinert et al., 2024). Trotz dieser optimistischen Einschätzungen und des gestiegenen Forschungsinteresses ist bislang offen, ob und auf welche Weise KI-Chatbots Lernende unterstützen können und wie sich die Anwendung auf das Lernerleben auswirkt. Dies öffnet Raum für Forschungsprojekte in diesem Bereich. Eine Integration in den schulischen Kontext bedarf einer vorab erfolgenden gründlichen Evaluation potentieller KI-Tools (Dahlkemper et al., 2023).

Die nachfolgend präsentierte Pilotstudie trägt dazu bei, einen Beitrag zur Schließung der Forschungslücke zu leisten. Im Anwendungskontext von multiplen Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht soll die Lernprozessunterstützung von Custom KI-Chatbots evaluiert werden. Dabei werden sowohl das Lernerleben als auch die Lernleistung der Schüler*innen untersucht.

2 Theoretischer Hintergrund und Motivation

2.1 Multiple Repräsentationen im MINT-Unterricht

In den Naturwissenschaften sind in multiplen Repräsentationen für ein ganzheitliches Verständnis relevante Informationen codiert. Dies hat zur Folge, dass Schwierigkeiten bei deren Interpretation und Verknüpfung häufig zu fachbezogenen Verständnisproblemen führen (Treagust, 2018). Lernende benötigen demnach die Fähigkeit, die verschiedenen Repräsentationsformen (z. B. Graph, Tabelle, Formel) zu interpretieren und zwischen ihnen zu wechseln (Hansen & Richland, 2020; Opfermann et al., 2017). Eine gezielte Unterstützung bei der Verbindung der verschiedenen Repräsentationsformen kann das Konzeptverständnis dahingehend fördern und Fehlvorstellungen reduzieren (Hansen & Richland, 2020).

2.2 Unterstützung durch Custom KI-Chatbots

Um Unterstützung bei der Verbindung von Repräsentationsformen zu gewährleisten, können KI-Chatbots eine mögliche Lösung darstellen (Neumann et al., 2024). Durch personalisiertes Feedback können sie auf individuelle Lernschwierigkeiten und Fragen eingehen (Adiguzel et al., 2023; Kasneci et al., 2023; Neumann et al., 2024). Insbesondere können Chatbots mit visuellen Fähigkeiten Abbildungen unterschiedlicher Repräsentationsformen erfassen und interpretieren (Küchemann, Avila et al., 2024). Dies bietet einen entscheidenden Vorteil, denn im Falle von Verständnisschwierigkeiten lassen sich Graphen, Tabellen oder Formeln nur schwer durch einen textbasierten Prompt beschreiben.

Custom KI-Chatbots basieren auf bestehenden LLMs und können an spezifische Lernkontexte angepasst werden (Kieser et al., 2023). Beispielsweise können sie derart konfiguriert werden, dass sie eine altersgerechte und motivierende Sprache verwenden (Küchemann, Avila et al., 2024). Zudem besteht die Möglichkeit, sie mit fachspezifischem Wissen zu dem gegebenen Lernkontext auszustatten, auf welches sie sich bei der Feedbackgenerierung berufen (Kortemeyer, 2024). Das Lernen mit Custom KI-Chatbots kann dabei einen größeren positiven Einfluss auf die Lernleistung haben als das Lernen mit einem nicht spezifisch konfigurierten KI-Chatbot oder mit ausschließlich traditionellem Lernmaterial (Hakim et al., 2024).

3 Forschungsfragen

Für die Studie wurde in OpenAI ein Custom KI-Chatbot basierend auf dem Sprachmodell GPT-4.0 konfiguriert. Er ist auf die Analyse und Interpretation der verschiedenen Darstellungsformen (Graph, Tabelle, Formel) proportionaler Zuordnungen spezialisiert und unterstützt Lernende individuell bei deren Dekodierung und Verknüpfung. Der Chatbot verwendet eine altersgerechte und motivierende Sprache, so

dass er sich für Schülerinnen und Schüler der sechsten und siebten Jahrgangsstufe eignet. Auf Grundlage einer Schulbuchübersicht (Braun, 2020) der Repräsentationsformen Graph, Tabelle und Formel wurde mit dem Chatbot eine Erklärung des Themas „Proportionale Zuordnungen" generiert.

In der Pilotstudie werden folgende Forschungsfragen adressiert:

Wie wirkt sich das Lernen mit der von dem Custom KI-Chatbot generierten Erklärung auf …
- das Lernerleben aus?
- die Lernleistung in einem mathematischen und physikalischen Lernkontext aus?

4 Methodik

4.1 Stichprobe und Datenerhebung

Insgesamt nahmen $N = 214$ Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe sechs an weiterführenden Schulen in Deutschland an der Studie teil. Innerhalb der jeweiligen Schulklassen wurden die Lernenden randomisiert Experimental(EG)- und Kontrollgruppe (KG) zugeteilt. Beide Gruppen erhielten in der Lernphase die oben genannte Schulbuchübersicht. Darüber hinaus arbeitete die EG mit der KI-generierten Erklärung, während die KG ergänzende, das thematische Verständnis unterstützende Beispiele aus dem Schulbuch erhielt. Auf diese Weise wurde evaluiert, wie sich eine KI-generierte Erklärung als zusätzliches Lernmaterial im Vergleich zu Schulbuchmaterialien auf die Lernleistung und das Lernerleben der Lernenden auswirkt.

Nach dem Lernen wurden verschiedene Variablen anhand einer jeweils vierstufigen Likert-Skala erhoben. Erfasst wurden das situationale Interesse (Linnenbrink-Garcia et al., 2010), die wahrgenommenen Emotionen (Pekrun et al., 2011), die intrinsische und extrinsische kognitive Belastung (Leppink et al., 2013) sowie die Selbstwirksamkeitserwartung im Hinblick auf das Lösen einer themenbezogenen Aufgabe (Bandura, 1997; Schwarzer & Jerusalem, 1999). Um die Lernleistung in Bezug auf das Thema „Proportionale Zuordnungen" zu vergleichen, bearbeiteten die Teilnehmenden abschließend einen selbstentwickelten Leistungstest.

4.2 Datenanalyse

Die Datenanalyse wurde vollständig mit der Statistiksoftware R (Version 4.4.0) durchgeführt. Zunächst wurden die verwendeten Skalen durch die Berechnung von Cronbachs Alpha auf interne Konsistenz geprüft. Die Ergebnisse waren akzeptabel bis exzellent. Anschließend wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Die Testung mit dem Shapiro-Wilk-Test mit Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ ergab für die Daten keine Normalverteilung. Bei der folgenden Analyse auf signifikante Unterschiede zwischen

EG und KG wurde demnach auf den nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Test mit Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ zurückgegriffen. Um die jeweilige Effektstärke einzuschätzen, wurde Cohens d berechnet.

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Pilotierung zusammengefasst dargestellt. Vollumfänglich sind Methodik und Ergebnisse der Studie in der im Mai 2025 veröffentlichten Publikation nachzulesen (Lademann et al., 2025). Es konnte gezeigt werden, dass das Lernen mit der KI-generierten Erklärung positiv-aktivierende Emotionen signifikant verstärkt ($p = 0.00093$, $d = 0.48$, kleine Effektstärke). Für die negativ-deaktivierenden Emotionen konnte hingegen nur ein Trend identifiziert werden, der zeigt, dass die KG tendenziell mehr negative Emotionen erlebte. Das situationale Interesse ($p = 0.00223$, $d = 0.45$, kleine Effektstärke) und die Selbstwirksamkeitserwartung ($p = 0.00001$, $d = 0.63$, mittlere Effektstärke) waren in der EG ebenfalls signifikant höher als in der KG. Dahingegen wurden die intrinsische ($p = 0.00060$, $d = 0.47$, kleine Effektstärke) und extrinsische kognitive Belastung ($p = 0.00001$, $d = 0.59$, mittlere Effektstärke) signifikant reduziert. Die Lernleistung betreffend konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen EG und KG nachgewiesen werden.

6 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Pilotierung deuten darauf hin, dass sich das Lernen mit von dem Custom KI-Chatbot generierten Materialien positiv auf das Lernerleben der Schüler*innen auswirkt. Die spezifische Konfiguration des Chatbots für den schulischen Einsatz in den Jahrgangsstufen sechs und sieben kann eine Erklärung für diese Resultate sein. Der motivierende Tonfall kann sich positiv auf Emotionen und situationales Interesse ausgewirkt haben. Zudem ist der Chatbot an den Wissensstand der Schüler*innen angepasst und hält sich an eine für sie verständliche Ausdrucksweise. Dies könnte die reduzierte kognitive Belastung sowie die erhöhte Selbstwirksamkeitserwartung induziert haben. Bezüglich der Lernleistung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Eine Studie mit mehr Teilnehmenden über einen längeren Zeitraum sowie der individuellen Nutzung des Chatbots könnte tiefergehende Einblicke gewähren.

Im Rahmen der sich bereits in Planung befindlichen Folgestudie sollen die in der Pilotierung gefundenen Ergebnisse vertiefend untersucht werden. Der zuvor erprobte KI-Chatbot wird dafür überarbeitet, optimiert und an die didaktischen Rahmenbedingungen der Folgestudie angepasst. Dabei sieht das Konzept der Folgestudie eine selbstständige Anwendung des Chatbots seitens der Schüler*innen vor, so dass die Lernenden in der Interaktion Zugang zu individualisiertem Feedback erhalten. Im Prä-Post-Design werden dabei Auswirkungen auf die Lernleistung sowie auf das Lern-

erleben (Emotionen, situationales Interesse, kognitive Belastung, Selbstwirksamkeitserwartung) untersucht.

Literatur

Adiguzel, T., Kaya, M. H. & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. *Contemporary Educational Technology*, *15*(3), ep429. https://doi.org/10.30935/cedtech/13152

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.

Braun, A. (2020). *Lambacher Schweizer – Mathematik für Gymnasien – G9, Nordrhein-Westfalen. 7: Schülerbuch*. Ernst Klett Verlag.

Dahlkemper, M. N., Lahme, S. Z. & Klein, P. (2023). How do physics students evaluate artificial intelligence responses on comprehension questions? A study on the perceived scientific accuracy and linguistic quality of ChatGPT. *Physical Review Physics Education Research*, *19*(1), 010142. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010142

Dunnigan, J., Henriksen, D., Mishra, P. & Lake, R. (2023). "Can we just Please slow it all Down?" School Leaders Take on ChatGPT. *TechTrends*, *67*(6), 878–884. https://doi.org/10.1007/s11528-023-00914-1

Fissore, C., Floris, F., Fradiante, V., Marchisio Conte, M. & Sacchet, M. (2024). From Theory to Training: Exploring Teachers' Attitudes Towards Artificial Intelligence in Education: *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Supported Education*, 118–127. https://doi.org/10.5220/0012734700003693

Hakim, V. G. A., Paiman, N. A. & Rahman, M. H. S. (2024). Genie-on-demand: A custom AI chatbot for enhancing learning performance, self-efficacy, and technology acceptance in occupational health and safety for engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*. https://doi.org/10.1002/cae.22800

Hansen, J. & Richland, L. E. (2020). Teaching and Learning Science through Multiple Representations: Intuitions and Executive Functions. *CBE – Life Sciences Education*, *19*(4), ar61. https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0253

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kieser, F., Wulff, P., Kuhn, J. & Küchemann, S. (2023). Educational data augmentation in physics education research using ChatGPT. *Physical Review Physics Education Research*, *19*(2), 020150. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020150

Kortemeyer, G. (2024). *Tailoring Chatbots for Higher Education: Some Insights and Experiences*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.06717

Küchemann, S., Avila, K., Dinc, Y., Hortmann, C., Revenga Lozano, N., Ruf, V., Stausberg, N., Steinert, S., Fischer, F., Fischer, M., Kasneci, E., Kasneci, G., Kuhr, T., Kutyniok, G., Malone, S., Sailer, M., Schmidt, A., Stadler, M., Weller, J. & Kuhn, J. (2024). *Are Large Multimodal Foundation Models all we need? On Opportunities and Challenges of these Models in Education*. https://doi.org/10.35542/osf.io/n7dvf

Küchemann, S., Steinert, S., Kuhn, J., Avila, K. & Ruzika, S. (2024). Large language models – Valuable tools that require a sensitive integration into teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, *62*, 400–402. https://doi.org/10.1119/5.0212374

Lademann, J., Henze, J. & Becker-Genschow, S. (2025). Augmenting learning environments using AI custom chatbots: Effects on learning performance, cognitive load, and affective variables. *Physical Review Physics Education Research*, *21*(1), 010147. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010147

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T. & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, *45*(4), 1058–1072. https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1

Linnenbrink-Garcia, L., Durik, A., Conley, A., Barron, K., Tauer, J., Karabenick, S. & Harackiewicz, J. (2010). Measuring Situational Interest in Academic Domains. *Educational and Psychological Measurement – EDUC PSYCHOL MEAS*, *70*, 647–671. https://doi.org/10.1177/0013164409355699

Neumann, K., Kuhn, J. & Drachsler, H. (2024). Generative Künstliche Intelligenz in Unterricht und Unterrichtsforschung – Chancen und Herausforderungen. *Unterrichtswissenschaft*, *52*(2), 227–237. https://doi.org/10.1007/s42010-024-00212-6

Opfermann, M., Schmeck, A. & Fischer, H. E. (2017). Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them? In D. F. Treagust, R. Duit & H. E. Fischer (Hrsg.), *Multiple Representations in Physics Education* (Bd. 10, S. 1–22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_1

Pekrun, R., Götz, T., Frenzel, A., Barchfeld, P. & Perry, R. P. (2011). *Measuring emotions in students' learning performance: The achievement emotions questionnaire (AEQ)*. http://kops.uni-konstanz.de/handle/123456789/13732

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (Hrsg.). (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. R. Schwarzer.

Treagust, D. F. (2018). The Importance of Multiple Representations for Teaching and Learning Science. In *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2018* (S. 215–223). ISRES.

Wollny, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., Rittberger, M. & Drachsler, H. (2021). Are We There Yet? – A Systematic Literature Review on Chatbots in Education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *4*. https://doi.org/10.3389/frai.2021.654924

Keywords: Custom KI-Chatbots, Multiple Repräsentationen, schulische Bildung

Timon Saatzer, Sabrina Syskowski*, Miriam Unterlass und Johannes Huwer (*Erstautor*innen)*

Festkörperchemie virtuell anfassen mit Head-Mounted Display Augmented Reality

1 Theoretische Grundlagen

Das räumliche Vorstellungsvermögen (bestehend aus räumlicher Wahrnehmung, räumlicher Visualisierung und mentaler Rotation) ist eine zentrale Fähigkeit für Studierende in naturwissenschaftlichen Fächern. Gerade zu Studienbeginn, wenn das inhaltliche Fachwissen noch begrenzt ist, sind sie stark auf räumliche Visualisierungsstrategien zum Verständnis abstrakter Konzepte angewiesen. Mit wachsendem Wissen nimmt die Bedeutung dieser Fähigkeit ab, da die Inhalte zunehmend automatisiert oder symbolisch repräsentiert verarbeitet werden. Ein Defizit in dieser Fähigkeit kann insbesondere zu Beginn des Studiums zu Abbrüchen oder erheblichen Lernschwierigkeiten führen (Uttal & Cohen, 2012). Viele chemische Konzepte, beispielsweise Molekülstrukturen, Isomerie oder Reaktionsmechanismen, beschreiben komplexe dreidimensionale Strukturen oder Vorgänge, werden aber meist durch zweidimensionale Darstellungen vermittelt. Die mentale Rotationsfähigkeit ist eine Schlüsselkompetenz, um ein tieferes Verständnis solcher submikroskopischer Strukturen und Vorgänge zu erlangen. Viele Studierende zeigen allerdings bereits Probleme mit dem vorausgehenden Schritt: der räumlichen Visualisierung solcher Strukturen auf Basis der zweidimensionalen Repräsentationen (Rahmawati et al., 2021). Dies ist besonders im Hinblick auf den Cognitive Load problematisch. Die Cognitive Load Theory beschreibt die Beeinflussung von Lernprozessen durch die Belastung des Arbeitsgedächtnisses. Ziel sollte es sein, den Intrinsic Cognitive Load (inhärente Komplexität des Lerninhalts) und den Extraneous Cognitive Load (zusätzliche Belastung durch ungünstiges Design) möglichst gering zu halten, um den Germane Cognitive Load (kognitive Ressourcen, die für effektives Lernen genutzt werden) zu fördern (Sweller, 2011). Studierende mit schwacher Visualisierungs- und Rotationsfähigkeit erleben beim Lernen komplexer Strukturen einen hohen Extraneous Cognitive Load, was das Lernen hemmt (Suzuki et al., 2025). Augmented Reality (AR) bietet eine Möglichkeit, diesen zu reduzieren. Durch die dreidimensionale Visualisierung chemischer Strukturen kann auf eine vorgelagerte mentale Repräsentation verzichtet werden, was die Informationsverarbeitung erleichtert (Yang et al., 2018). Zudem ist keine ausgeprägte mentale Rotationsfähigkeit notwendig, da die Strukturen aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und manipuliert werden können, wodurch das konzeptuelle Verständnis erleichtert wird (Fatemah et al., 2020). AR ist ein Teilsegment des von Milgram et al. definierten Reality-Virtuality-Kontinuums, welches von der realen bis zur vollständig virtuellen Umgebung reicht. Im als „Mixed Reality“ bezeichneten Zwischenbereich sind reale und virtuelle Elemente gleichzeitig visuell erlebbar. AR beschreibt den Bereich des Spektrums, in welchem die physische Welt durch digitale Informa-

tionen ergänzt wird, ohne sie zu ersetzen (Milgram et al., 1995). Azuma ergänzt diese Definition, indem er die Technologie als System mit folgenden drei Charakteristika beschreibt: eine präzise 3D-Registrierung in Echtzeit, die nahtlose Verknüpfung von realen und virtuellen Inhalten und eine interaktive Nutzerschnittstelle, welche dynamische Eingaben erlaubt (Azuma, 1997). AR kann über Smartphones, Tablets oder Head-Mounted-Displays (HMDs) betrachtet werden. HMDs sind am Kopf getragene Geräte, die digitale Inhalte über Bildschirme oder spezielle Linsen direkt vor den Augen darstellen, gleichzeitig aber den Blick auf die reale Welt zulassen. Bislang gibt es wenige Studien, die sich mit dem Einsatz von AR in dem Teilbereich der Chemie auseinandersetzen, der sich mit dem chemischen Aufbau von Stoffen befasst: der Festkörperchemie (Akçayır & Akçayır, 2017). In dieser Studie wurde sich speziell auf die Strukturchemie fokussiert, einem Fachgebiet mit zahlreichen Anwendungen in der Festkörperchemie, das sich mit dem räumlichen Aufbau chemischer Verbindungen, deren Ursachen und den daraus resultierenden physikalisch-chemischen Eigenschaften auseinandersetzt (Müller, 2008). Die zentrale Stellung von komplexen submikroskopischen Strukturen erfordert den Einsatz von Visualisierungstechniken, beispielsweise 2D-Zeichnungen, physischen Modellen oder 3D-Computermodellen, welche auf einem normalen Bildschirm nur zweidimensional dargestellt werden, wodurch Informationen für den Betrachter verloren gehen können (Probst & Reymond, 2018). Die Darstellung mittels AR als „echte“ 3D-Modelle ermöglicht es, sich frei um das Modell einer Struktur zu bewegen und mit ihm zu interagieren, wodurch erst alle Informationen wie beispielsweise Symmetrieelemente oder Lücken einfach erkennbar sind (Schmid et al., 2020). Ziel dieser Studie ist es, Studierende bei dieser Auseinandersetzung mit und dem Verständnis von kristallinen Festkörperstrukturen zu unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf der kollaborativen Nutzung von HMDs und der Interaktion mit 3D-AR-Modellen von Strukturen, um das konzeptuelle Verständnis zu fördern. In dieser explorativen Pilotstudie sollen zentrale Herausforderungen und Potenziale identifiziert werden, um die Methodik für künftige Studien gezielt weiterzuentwickeln. Es wird untersucht, wie der Zugang zu AR im Fachkontext die Wahrnehmung und Einschätzung der Anwendbarkeit in verschiedenen Settings beeinflussen kann. Daraus ergeben sich folgende konkrete Forschungsfragen:

FF1: Wie wird die Nutzung der 3D-AR-Strukturen von den Studierenden bewertet?

FF2: Was heben die Studierenden positiv und negativ an der Nutzung der 3D-AR-Strukturen hervor?

FF3: Wie verändert die Nutzung der 3D-AR-Strukturen die Ansicht der Studierenden in Bezug auf den Einsatz von AR beim Lernen, in der Forschung und in der Industrie?

2 Studiendesign

Die Studie folgt einem Design-Based-Research-Ansatz, wobei dieser Beitrag die Ergebnisse der ersten drei Schritte (Designphase, Durchführung und Analyse) einschließt. Der vierte Schritt (Überarbeitung und Iteration) wird an dieser Stelle nicht behandelt (Cobb et al., 2003). Nach Einführung in die genutzte Soft- und Hardware (Microsoft HoloLens2 und „sphere“) und dem Ausfüllen des Prä-Fragebogens erhielten alle Studierenden ein HMD. Es wurde in Dreiergruppen eine Stunde lang mit bereitgestellten 3D-Strukturen (erstellt mit „DRAWxtl“; Finger et al., 2007) kooperativ und kollaborativ auf Basis passender, von der Dozentin entwickelter Aufgaben gearbeitet. Dabei konnten die Studierenden die 3D-Modelle frei im Raum platzieren, skalieren, rotieren, im Querschnitt analysieren und interaktiv bearbeiten. Abschließend erhielten die Studierenden den Post-Fragebogen. In den Fragebögen wurden zwei Konstrukte des Technology Acceptance Models (TAM) erhoben (Holden & Rada, 2011). Im Post-Fragebogen wurde für **FF1** das Konstrukt des Perceived Ease of Use + Usability (PEUU) eingesetzt und **FF2** durch Freitextfragen zu positiven und negativen Aspekten der Nutzung adressiert. Das Konstrukt des PEUU besteht aus 9 Items, welche evaluieren, wie das Arbeiten mit den 3D-Strukturen an sich im Hinblick auf Mental Effort, Bedienbarkeit, Flexibilität, Lernfähigkeit, Funktionalität, Navigation und Einprägsamkeit wahrgenommen wurde. Für **FF3** kam das Konstrukt der Perceived Usefullness (PU) zur Anwendung, das in drei Anwendungskontexten abgefragt wurde: Lernen, Forschung und Industrie. In dem Konstrukt des PU wurde in 6 Items (Performance, Produktivität, Effektivität, Nützlichkeit, Relevanz und Qualität) erhoben, wie der potenzielle Einsatz von AR im jeweiligen Nutzungskontext eingeschätzt wurde. Sowohl PU als auch PEUU wurden mittels einer siebenstufigen Likert-Skala erfasst. Die PU wurde vor und nach der Einheit erhoben, um zu ermitteln, ob bzw. wie der Zugang zu AR die Ansicht der Studierenden verändert. Da die Daten nicht normalverteilt waren, wurde zur Identifizierung von signifikanten Änderungen ein rechtsseitiger Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test mit anschließender Signifikanzkorrektur durch den FDR-Test durchgeführt. In beiden Konstrukten lag Cronbachs Alpha zwischen 0.766 und 0.95, weshalb jeweils mit einem Mittelwert über alle Items gerechnet wurde.

Die Stichprobe umfasste 16 Chemie-Studierende der Universität Freiburg (5 weiblich, 11 männlich), die freiwillig außerhalb der Lehrveranstaltung teilnahmen. 14 befanden sich im Master of Science, je eine Person im Master of Education und in der Promotion. Die Mehrheit (12 Personen) waren im ersten Mastersemester, zwei im zweiten und eine Person im dritten. Das Alter lag zwischen 21 und 26 Jahren, mit Ausnahme des 35-jährigen Promovierenden. Keine der Personen hatte bisher mit AR gearbeitet, Virtual-Reality-Erfahrung bestand nur bei sieben Personen und ausschließlich zu Unterhaltungszwecken.

3 Ergebnisse & Diskussion

FF1: Wie wird die Nutzung der 3D-AR-Strukturen von den Studierenden bewertet?

Die Ergebnisse der PEUU zeigen mit einem Mittelwert von 5.32 (Standardabweichung 0.85) eine überwiegend positive bzw. sehr positive Bewertung, besonders der einfache Umgang mit der AR und die Verständlichkeit wurden hoch eingeschätzt. Insgesamt zeigt die positive Bewertung, dass die AR und damit die 3D-Strukturen und die Arbeit mit diesen in diesem Setting als sehr einstiegs- und benutzerfreundlich gesehen wurden und keine grundlegenden Anpassungen notwendig sind.

FF2: Was heben die Studierenden positiv und negativ an der Nutzung der 3D-AR-Strukturen hervor?

Die schriftlichen Rückmeldungen zu positiven und negativen Aspekten ließen sich in jeweils vier zentrale Punkte kategorisieren. Als erster positiver Punkt wurde die flexible Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven hervorgehoben (n = 8). Betont wurde dabei, dass ein verbessertes räumliches Verständnis der Strukturen durch die freie Bewegung im Raum um die Strukturen und die Skalierung bzw. Rotation dieser ermöglicht würde. In diesem Zusammenhang wurde allerdings als erster negativer Punkt darauf hingewiesen, dass die beschränkte Größe des Sichtfeldes bei der Erkundung der Strukturen einschränkend sei, gerade bei mehreren oder großen Strukturen (n = 6). Neben den schon beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten Skalieren und Rotieren wurden die Schneide- und Zeichenfunktion von Studierenden als zweiter positiver Punkt als sehr hilfreich beschrieben, da diese das kollaborative Arbeiten und eine tiefere Auseinandersetzung mit den Strukturen unterstützen (n = 6). Bei der Nutzung dieser Funktionen beschrieben viele Studierende allerdings als zweiten negativen Punkt Probleme mit der Bedienung, welche als unzuverlässig und unpräzise wahrgenommen wurde (n = 10). Als dritter positiver Aspekt wurde die Immersion und die immersive Erkundung der Strukturen genannt. Die Studierenden schätzen die Möglichkeit, in kurzer Zeit unkompliziert mit verschiedensten Strukturen zu arbeiten, welche fast schon haptisch vor ihnen im Raum schwebten (n = 8). Für eine noch tiefere Auseinandersetzung wurden sich weitergehende Interaktionsmöglichkeiten gewünscht, beispielsweise das Ein- und Ausblenden und Bewegen einzelner Teile der Strukturen oder das Erstellen eigener Modelle in AR. Das Fehlen dieser Möglichkeiten wurde als letzter dritter Aspekt genannt (n = 3). Der letzte positive Aspekt war das kollaborative Arbeiten mit und an den AR-Strukturen, welches mit herkömmlichen Visualisierungstools so nicht möglich sei. Die Studierenden schätzten die Möglichkeit der Zusammenarbeit an den AR-Strukturen und berichteten von einem verbesserten Austausch und Verständnis (n = 5). In diesem Kontext wurde als negativer Aspekt Synchronisationsprobleme angemerkt, was auf eine mangelhafte Internetverbindung zurückzuführen war (n = 2). Diese führten dazu, dass teilweise nicht live die Interaktion anderer mit den Strukturen beobachtet werden konnte und diese plötzlich an verschiedenen Stellen im Raum platziert waren, was das kollaborative Arbeiten er-

schwerte. Insgesamt betrachtet fällt auf, dass sich die genannten positiven Aspekte auf die Arbeit und Auseinandersetzung mit den Strukturen beziehen, während die negativen Aspekte auf die technischen Limitationen des HMD und der Software fokussiert sind.

FF3: Wie verändert die Nutzung der 3D-AR-Strukturen die Ansicht der Studierenden in Bezug auf den Einsatz von AR beim Lernen, in der Forschung und in der Industrie?

Bei der Erhebung der PU gab es nur bei der Einschätzung des Einsatzes von AR beim Lernen eine signifikante Änderung durch die Nutzung, wie in Tabelle 1 zu sehen ist. Diese Änderung wies eine hohe Effektstärke auf. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Studierenden dort die Auswirkungen und vor allem auch die Möglichkeiten besser bewerten können als in der Forschung oder der Industrie, da sie in die Arbeit und Anforderungen dort zu wenige Einblicke während des Studiums erhalten und somit die Möglichkeiten und Chancen des Einsatzes von AR nicht abschätzen können.

Tabelle 1: Ergebnisse PU Prä-Post

	Lernen Prä-Post	**Forschung Prä-Post**	**Industrie Prä-Post**
z	-2.82	-1.08	-1.76
Sig. (p > .05)	.009**	.147	.0615
r	.7	–	–
Cronbachs Alpha (Prä-Post)	0.810 – 0.902	0.766 – 0.950	0.822 – 0.918

4 Ausblick

Die Studie zeigt, dass der Einsatz von 3D-AR-Modellen in der Festkörperchemie von Studierenden insgesamt positiv bewertet wird und Potenzial zur Förderung des räumlichen Verständnisses und des kollaborativen Arbeitens bietet, was allerdings durch technische Schwierigkeiten eingeschränkt werden kann. Aufgrund der Limitationen einer geringen Stichprobengröße und eines eingeschränkten Erhebungszeitraums sollte in zukünftigen Studien die Wirksamkeit und die sinnvolle Verknüpfung mit Vorlesungsinhalten systematischer untersucht und die technische Umsetzung weiterentwickelt werden.

Danksagung

Wir möchten dem Fond der chemischen Industrie für die Finanzierung des Projekts danken. Darüber hinaus wollen wir allen Teilnehmenden der Studie und insbesondere Prof. Dr. Caroline Röhr für die Zusammenarbeit danken.

Literatur

Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *6*(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, *32*(1), 9–13. https://doi.org/10.3102/0013189X032001009

Fatemah, A., Rasool, S. & Habib, U. (2020). Interactive 3D Visualization of Chemical Structure Diagrams Embedded in Text to Aid Spatial Learning Process of Students. *Journal of Chemical Education*, *97*(4), 992–1000. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00690

Finger, L. W., Kroeker, M. & Toby, B. H. (2007). DRAWxtl, an open-source computer program to produce crystal structure drawings. *Journal of Applied Crystallography*, *40*(1), 188–192. https://doi.org/10.1107/S0021889806051557

Holden, H. & Rada, R. (2011). Understanding the Influence of Perceived Usability and Technology Self-Efficacy on Teachers' Technology Acceptance. *Journal of Research on Technology in Education*, *43*(4), 343–367. https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782576

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies, 2351,* 282–292. https://doi.org/10.1117/12.197321

Müller, U. (2008). *Anorganische Strukturchemie*. Vieweg + Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9545-5

Probst, D. & Reymond, J.-L. (2018). Exploring DrugBank in Virtual Reality Chemical Space. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *58*(9), 1731–1735. https://doi.org/10.1021/acs.jcim.8b00402

Rahmawati, Y., Dianhar, H. & Arifin, F. (2021). Analysing Students' Spatial Abilities in Chemistry Learning Using 3D Virtual Representation. *Education Sciences*, *11*(4), 185. https://doi.org/10.3390/educsci11040185

Schmid, J. R., Ernst, M. J. & Thiele, G. (2020). Structural Chemistry 2.0: Combining Augmented Reality and 3D Online Models. *Journal of Chemical Education*, *97*(12), 4515–4519. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00823

Suzuki, Y., Wild, F. & Scanlon, E. (2025). Measuring Cognitive Load with Eye-Tracking During Mental Rotation with 2D and 3D Visualization in AR. In J. M. Krüger, D. Pedrosa, D. Beck, M.-L. Bourguet, A. Dengel, R. Ghannam, A. Miller, A. Peña-Rios & J. Richter (Hrsg.), *Immersive Learning Research Network* (S. 34–48). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80475-5_3

Sweller, J. (2011). *Cognitive Load Theory. In Psychology of Learning and Motivation* (S. 37–76). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

Uttal, D. H. & Cohen, C. A. (2012). Chapter Four – Spatial Thinking and STEM Education: When, Why, and How? In B. H. Ross (Hrsg.), *Psychology of Learning and Motivation* (S. 147–181). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394293-7.00004-2

Yang, S., Mei, B. & Yue, X. (2018). Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*, *95*(6), 1060–1062. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017

Keywords: Augmented Reality, Interaktive Lernumgebungen, Strukturchemie

Nils Fitting und Johann-Nikolaus Seibert

Binnendifferenzierung mit KI-generierten Lernhilfen

1 Einleitung

Durch die zunehmende Verfügbarkeit und Verbesserungen von Large Language Models (LLMs) ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten für Lehrkräfte, um deren pädagogische Arbeit zu entlasten, z. B. durch die Erstellung von Arbeitsmaterialien. Wenig untersucht ist bisher das Potenzial von LLMs für die Generierung von didaktisch wertvollen Lernhilfen für den Chemieunterricht. Bisher differenzieren Lehrkräfte unterschiedlich häufig, ein Grund dafür könnte im erhöhten Arbeitsaufwand verschiedener Maßnahmen liegen (Letzel & Otto, 2019), wie z. B. dem Erstellen und Einbinden von Lernhilfen in das Lernmaterial. LLMs könnten diesen Prozess nun entlasten.

Bisherige Studien in anderen Fächern und im Studierendenkontext zeigen ein gewisses Potenzial dieser Modelle für die Generierung von Lernhilfen. Um die Eignung von LLMs für die Generierung von Lernhilfen näher zu untersuchen, wurden von den Autoren Lernhilfen mithilfe von ChatGPT für das Thema „pH-Wert und Indikatoren" generiert, inhaltlich geprüft und in einer kleinen Pilotstudie im Mittelstufenunterricht eingesetzt.

2 Theoretische Grundlage

Lernhilfen werden bereits seit langer Zeit im Unterricht eingesetzt, wobei sich die Form der Einbindung und Darbietung mit dem Einzug digitaler Medien in den Unterricht auch zunehmend verändert hat. Lernhilfen gelten als eine Maßnahme der inneren Differenzierung, die von Lehrkräften häufig eingesetzt wird (Letzel & Otto, 2019). Es gibt verschiedene Formen von Lernhilfen, die sich in ihrer Beschaffenheit und Komplexität unterscheiden. Einfache Lernhilfen enthalten beispielsweise einen kleinen Denkanstoß, während gestufte Lernhilfen mehrere Unterstützungsstufen bieten und umfangreicher in ihrer methodischen Einbettung sind. Werden zusätzlich Audio- oder Videoelemente integriert, ergeben sich multimediale Hilfen. Die Wirksamkeit von Lernhilfen wurde bereits in verschiedenen Studien bestätigt (Arnold et al., 2016; Kleinert et al., 2022).

LLMs gewinnen seit der Einführung von ChatGPT im Jahr 2022 ein zunehmendes öffentliches Interesse. Sie dienen dazu, sinnhafte und strukturierte Texte in unterschiedlicher Länge zu generieren. Dabei werden die Inhalte auf Grundlage von Wahrscheinlichkeiten generiert. Es ist davon auszugehen, dass LLMs kein konzeptionelles Verständnis einer „Lernhilfe" im didaktischen Sinne besitzen.

LLMs könnten für die Erstellung einfacher Lernhilfen herangezogen werden, während bei erfolgreicher Testung andere komplexere Konzepte, wie beispielsweise gestufte Lernhilfen getestet werden könnten. Wenige Studien haben bisher das Potential die-

ser Modelle für die Generierung von Lernhilfen untersucht (Gattupalli et al., 2023; Krupp et al., 2025; Pardos & Bhandari, 2023). Insgesamt fehlen allerdings Studien mit Schüler:innen und im Fach Chemie, weshalb eine Pilotstudie durchgeführt wurde.

3 Pilotstudie

Die Pilotstudie gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil wurde das generelle Potential von ChatGPT zur Formulierung von Lernhilfen untersucht. Dieser Teil wird aufgrund des kurzen Beitragsumfangs sehr gekürzt dargestellt. Im zweiten Teil wurden diese Lernhilfen in zwei 10. Klassen im Fach Chemie eingesetzt und durch die Schüler:innen evaluiert.

3.1 Methodik

In ChatGPT (kostenfreie Version, Modell GPT-4o) wurden zunächst verschiedene Prompts getestet, um aufgrund des Antwortverhaltens des Systems einen geeigneten Prompt entwickeln zu können. Letztlich wurde ein Prompt, bestehend aus einem Kontext (Definition einer Lernhilfe), der Aufgabe (Lernhilfe formulieren), einer Rolle (Lernhilfe-Generator) und zwei Einschränkungen (keine Lösung, Beschränkung auf maximal 100 Wörter), vorgegeben. Die Antworten des LLMs wurden von einer Lehrkraft inhaltlich auf ihre didaktische Eignung geprüft. Auch wurden Vorschläge für Lernhilfen aussortiert, die bereits eine Lösung vorgaben.

Der entwickelte Prompt wurde anschließend verwendet, um Lernhilfen für Aufgaben aus einem Chemiebuch (Asselborn et al., 2021) zum Thema „Indikatoren und pH-Wert“ zu generieren. Für insgesamt vier Aufgaben wurden Lernhilfen formuliert. Die Buchseite und die Aufgaben wurden schließlich in zwei gymnasialen 10. Klassen (n = 37, weiblich: 12, männlich: 24, keine Angabe: 1, Alter: 15.8 Jahre) im Fach Chemie eingesetzt und mittels verschiedener Fragen zur Nutzung der Lernhilfen evaluiert. Die Fragen (vgl. Tabelle 1) stammen aus einer vorhergehenden Erhebung zur Nutzung von Lernhilfen (Fitting & Hornung, 2022). Verwendet wurde eine fünfstufige Skala vom Typ Likert („Stimme nicht zu“ (1) bis „Stimme zu“ (5)). Von den 37 Schüler:innen nutzten nach eigener Angabe 23 die Lernhilfen und beantworteten dazu die Fragen.

Tabelle 1: Fragen zur Nutzung der Lernhilfen.

Itemnummer	Item
H1	Ich finde es besser Hilfen am Tablet oder PC aufzurufen, als Hilfekärtchen ausgeteilt zu bekommen.
H2	Die Hilfen haben mir bei der Bearbeitung der Aufgaben geholfen.
H3	Die Hilfen waren klar formuliert.
H4	Ich empfand die Hilfen als nützlich.
H5	Ich hätte mir mehr Hilfen gewünscht.

Das Lernmaterial wurde über HyperDocs (Fitting et al., 2023), eine Form von digitalen Arbeitsblättern, speziell für die Differenzierung entwickelt, bereitgestellt. Dadurch konnten die Lernhilfen niederschwellig eingebunden und von den Schüler:innen genutzt werden. 19 Lernende bearbeiteten die HyperDocs an einem PC, während 18 Lernende ein Tablet verwendeten.

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Wird lediglich die Aufgabe mit dem Prompt, eine Lernhilfe zu formulieren, eingegeben, gibt ChatGPT eine umfangreiche Erklärung des Problems mit einer Lösung der Aufgabe vor. Daher wurde eine kurze Definition einer Lernhilfe (kurze Information, die Schüler:innen beim Bearbeiten der Aufgabe hilft, keine Lösung) in den Prompt eingebaut und die Länge der Antwort auf 100 Wörter beschränkt. Nach dieser Anpassung wurden kürzere, prägnantere Lernhilfen generiert. Teilweise wurden Lösungen vorgegeben. Erst durch mehrfaches Hinweisen im Prompt, keine Lösung vorzugeben, konnten für mehrere Aufgaben auf Anhieb, ohne umfangreiches „Nachprompten", zufriedenstellende Lernhilfen generiert werden, die keine Lösung vorgaben und als nützlich eingestuft wurden.

Viele Schüler:innen bevorzugen die digitalen Hilfekärtchen gegenüber analogen (*H1, M = 4.23, SD = 0.87*), womit solche digitalen Formate gut von den Schüler:innen angenommen wurden. Schwächer fällt die Zustimmung bei Item H2 aus (*M = 3.09, SD = 1.15)*, wonach die Lernhilfen den Lernenden nur teilweise bei der Bearbeitung halfen. Auf der anderen Seite waren die Hilfen klar formuliert (*H3, M = 3.91, SD = 0.75*). Gegenüber H2 fällt die Zustimmung bei Item H4 etwas höher aus (*M = 3.32, SD = 1.17)*. Damit wurden die Hilfen durchaus als nützlich eingestuft. Die Schüler:innen hätten sich dabei nicht unbedingt mehr Lernhilfen gewünscht (*H5, M = 2.86, SD = 1.39*).

Gründe für die Ergebnisse könnten darin liegen, dass Schüler:innen bisher kaum Lernhilfen im Unterricht nutzen und daher noch kein ausgeprägtes nützliches Help-Seeking-Verhalten, als Teil der metakognitiven Kompetenzen (Karabenick & Berger, 2013), ausgebildet haben. Sie können die Lernhilfen damit womöglich nicht effizient nutzen. Lehrkräfte, die Klassen regulär unterrichten, können die Merkmale der Ler-

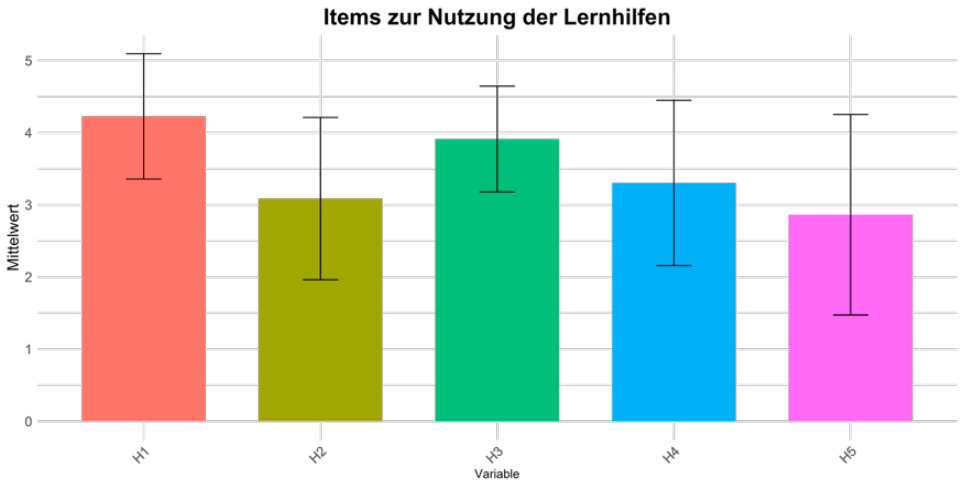


Abbildung 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items zur Hilfenutzung.

nenden in die Formulierung der Lernhilfen einfließen lassen, während ein LLM dies nur durch einen ausführlicheren Prompting-Prozess leisten kann. Es wäre denkbar, das LLM anzuleiten, gezielt bestimmte Fachbegriffe zu verwenden oder einen Fokus auf die Teilchenebene zu legen.

Insgesamt werden die Ergebnisse als positiv erachtet, da in wenigen Schritten bereits gute und nutzbare Lernhilfen formuliert werden konnten. Mit neueren Modellen dürften sich die Resultate weiterhin verbessern. Damit jedoch diese Lernhilfen allen Schüler:innen helfen können, müssen sehr wahrscheinlich ausführlichere und individuellere, auf die Klasse bezogene Prompts entwickelt und evaluiert werden. Zum aktuellen Zeitpunkt bieten LLMs bei wenigen Aufgaben daher noch keinen unmittelbaren zeitlichen Mehrwert für Lehrkräfte bei der Generierung von Lernhilfen.

3.3 Limitationen

LLMs generieren textbasierte Lernhilfen. Weitere Formate (Bild / Video) sind aktuell nur schwer umsetzbar. Auch eine Wirksamkeit dieser Lernhilfen wurde nicht untersucht. Es wurden lediglich vier Lernhilfen eingebunden und diese in einer Schulstunde mit einer kleinen Stichprobe von 37 Schüler:innen getestet. Es kann daher sein, dass die Einstellung der Schüler:innen gegenüber den Hilfen über einen längeren Zeitraum oder in einem anderen Themengebiet anders ausfallen. Auch das Antwortverhalten des LLMs könnte bei anderen Anbietern, Modellversionen oder einem anderen Thema variieren.

4 Fazit und Ausblick

ChatGPT und sehr wahrscheinlich auch andere LLMs eignen sich prinzipiell zum Erstellen von textbasierten Lernhilfen. Positiv hervorzuheben ist die klare Formulierung der KI-generierten Lernhilfen, die durch die Lernenden bestätigt wurde. Aus der Studie geht erneut hervor, dass die Modelle kein Bewusstsein für eine gute Lernhilfe besitzen. Teilweise enthalten sie noch Lösungen, weshalb mehrere Hinweise an das LLM erforderlich sind und nicht immer auf Anhieb eine passende Lernhilfe formuliert wird. Eine unmittelbare Zeitersparnis ergibt sich für Lehrkräfte daher zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht. Zukünftig soll der Prompting-Prozess zum Generieren von Lernhilfen weiter verfeinert und evaluiert werden. Erste Beispiele zeigen, dass die Angabe der Klassenstufe die verwendete Fachsprache in einer Lernhilfe variieren lässt. Ein nächster Schritt ist außerdem der Vergleich zwischen KI-generierten und human-generierten Lernhilfen durch eine quasi-experimentelle Studie im Regelunterricht. Hierbei können Verständlichkeit, Nützlichkeit und Lernwirksamkeit der Lernhilfen evaluiert werden.

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*(1), 21–37. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0

Asselborn, W., Risch, K. & Sieve, B. (2021). *Chemie heute – Sekundarbereich I. Rheinland-Pfalz*. Westermann Gruppe.

Fitting, N. & Hornung, G. (2022). Verwendung digitaler Lernhilfen als ein neuer Zugang zur Differenzierung im Unterricht. Wie nutzen Schüler*innen digitale Lernhilfen? In M. Veber, P. Gollub, S. Greiten & T. Schkade (Hrsg.), *Umgang mit Heterogenität und Inklusion. Chancen und Herausforderungen für die schulpraktische Professionalisierung* (S. 172–189). Julius Klinkhardt.

Fitting, N., Ulber, R., Czubatinski, L. & Hornung, G. (2023). Evaluation digitaler Arbeitsblätter im Chemieunterricht in Hinblick auf Usability und Interesse. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2: Digitale Tools und Methoden für das Lehren und Lernen* (S. 93–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8_7

Gattupalli, S., Lee, W., Allessio, D., Crabtree, D., Arroyo, I. & Woolf, B. (2023). *Exploring Pre-Service Teachers' Perceptions of Large Language Models-Generated Hints in Online Mathematics Learning*. AIED2023.

Karabenick, S. A. & Berger, J.-L. (2013). Help seeking as a self-regulated learning strategy. In H. Bembenutty, T. J. Cleary & A. Kitsantas (Hrsg.), *Applications of self-regulated learning across diverse disciplines: A tribute to Barry J. Zimmerman* (S. 237–261). IAP Information Age Publishing.

Kleinert, S. I., Besa, K.-S. & Wilde, M. (2022). Der Einsatz gestufter Lernhilfen als Unterstützung für Lernende im Kontext des biologischen Experimentierens. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie, 26*, 1–18. https://doi.org/10.11576/ZDB-5205

Krupp, L., Bley, J., Gobbi, I., Geng, A., Müller, S., Suh, S., Moghiseh, A., Castaneda Medina, A., Bartsch, V., Widera, A., Ott, H., Lukowicz, P., Karolus, J. & Kiefer-Emmanouilidis, M. (2025). LLM-generated tips rival expert-created tips in helping students answer quantum-computing questions. *EPJ Quantum Technology*, *12*, 33. https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-025-00334-5

Letzel, V. & Otto, J. (2019). Binnendifferenzierung und deren konkrete Umsetzung in der Schulpraxis – eine qualitative Studie. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *9*(3), 375–393. https://doi.org/10.1007/s35834-019-00256-0

Pardos, Z. A. & Bhandari, S. (2023). Learning gain differences between ChatGPT and human tutor generated algebra hints (No. arXiv:2302.06871). *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.06871

Keywords: Künstliche Intelligenz, Binnendifferenzierung, Lernhilfen

Philipp Pawels, Christoph Thyssen und Johannes Huwer

Digitale Kompetenzen messen

Entwicklung und Validierung von unterrichtsvignetten-basierten Tests für naturwissenschaftliche Lehrkräfte im Rahmen von DiKoLAN

1 Digitale Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften (DiKoLAN)

Die Digitalisierung ist mittlerweile in der Schulpraxis angekommen, damit verbundene und perspektivisch wünschenswerte Handlungskompetenzen von Lehrpersonen werden z. T. bereits in verbindlichen Vorgaben für die Lehrkräftebildung berücksichtigt, ohne dort jedoch fachspezifisch und konkret ausdifferenziert zu sein. Um angehende Lehrkräfte gezielt auf die damit verbundenen Aufgaben und Herausforderungen im (Fach-)Unterricht vorzubereiten, braucht es klare kompetenzorientierte Leitlinien. Der Orientierungsrahmen *DiKoLAN* bietet für naturwissenschaftliche Fächer hierzu eine fundierte Grundlage, die sich an etablierten Modellen wie *TPACK* (Mishra & Koehler, 2006), *DPACK* (Huwer et al., 2019) sowie der Strategie der Kultusministerkonferenz (KMK, 2016) orientiert. Er definiert sieben Kompetenzbereiche, die jeweils durch konkrete, operationalisierte Kompetenzerwartungen (Becker et al., 2020) beschrieben sind, die Lehrpersonen in den jeweiligen Kompetenzbereichen für die Planung und Umsetzung digital gestützten Unterrichts benötigen (Meier et al., 2021). Die Kompetenzerwartungen sind in drei Anforderungsniveaus *(Nennen, Beschreiben* und *Anwenden)* gegliedert und werden den vier mit dem *TPACK*-Modell korrespondierenden Facetten (*TK, TCK, TPK* und *TPACK*) zugeordnet (Becker et al., 2020; Meier et al., 2021). Für die in *DiKoLAN* beschriebenen Kompetenzerwartungen steht bereits ein Selbsteinschätzungsinstrument zur Verfügung (Kotzebue et al., 2021), das angehenden Lehrpersonen dabei hilft, die jeweiligen Lernziele in der Lehrerbildung zu verdeutlichen, und zur Erfassung entsprechender Kompetenzprofile dienen kann. Backfisch und Autoren (2021) weisen in diesem Zusammenhang in ihrer Literatur jedoch darauf hin, dass Selbsteinschätzungen des eigenen Wissens eher als aktuelle Selbstwirksamkeitserwartungen zu verstehen sind und nur in geringem Maße mit Ergebnissen performanzorientierter Wissenstests korrelieren. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung eines neuen Erhebungsinstruments erforderlich, etwa in Form vignettenbasierter Kompetenztests, die eine kontextsensitive und handlungsnahe Erfassung professioneller Handlungskompetenz ermöglichen.

2 Einsatz und Bedeutung von Unterrichtsvignetten zur Erfassung digitaler Planungskompetenzen

Im Folgenden wird zunächst der Begriff ‚Unterrichtsvignette' definiert sowie deren didaktischer Mehrwert dargestellt. Anschließend werden mögliche Differenzierungen hinsichtlich der Gestaltung und Anwendung von Vignetten aufgezeigt. Unterrichtsvignetten stellen verdichtete Unterrichtsausschnitte dar (Franz et al., 2018), die abhängig von ihrer Zielfunktion in unterschiedlichen Formaten eingesetzt werden können (Goreth et al., 2023). Dabei lassen sich drei grundlegende Vignettenformen unterscheiden: schriftliche Darstellungen (z. B. Rutsch & Dörfler, 2019), bildgestützte Formate wie Comics und Concept Cartoons (z. B. Wohlfrom, 2022; Feige & Lembens, 2020) sowie videobasierte Umsetzungen (Oser et al., 2010; Goreth et al., 2023). Lehramtsstudierende können so mittels exemplarischer Unterrichtssituationen auf unterrichtliches Handeln vorbereitet werden (Goreth et al., 2023). Dabei verknüpfen Vignetten theoretisches Wissen mit praktischer Anwendung und fördern so die Fähigkeit angehender Lehrkräfte, ihr professionelles Wissen in konkreten Unterrichtssituationen einzusetzen (Friesen & Feige, 2020). Da Wissen kontextgebunden ist, liefern abstrahierte Tests nur begrenzt Auskunft über dessen Anwendung in realen Situationen (Lindmeier, 2013). Vignettenbasierte Verfahren begegnen dem, indem sie berufspraktische Kontexte simulieren und Wissen in realitätsnahen Entscheidungssituationen aktivieren. In der vorliegenden Untersuchung zielt der Fokus explizit auf der erlernbaren, professionellen Unterrichtsplanung (vgl. König et al., 2015), da diese als zentrale Voraussetzung für die Gestaltung lernwirksamen Unterrichts gilt (Yinger & Hendricks-Lee, 1995), dabei wird der Einsatz digitaler Technologien in den Blick genommen. Im digitalen Kontext wird die Fähigkeit zur vorausschauenden und reflektierten Unterrichtsplanung immer wichtiger. Nur so können digitale Werkzeuge lernförderlich, zielgerichtet und im Sinne didaktischer Prinzipien eingesetzt werden, ohne dabei zeitliche, strukturelle und finanzielle Ressourcen ineffizient zu binden. Eine Lehrperson sollte im Sinne des *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* vorausschauend erkennen, welche Vorteile, Nachteile und Grenzen der Einsatz elektronischer Endgeräte für das Classroom-Management mit sich bringt. Das *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* umfasst das Verständnis darüber, wie digitale Technologien z. B. unter methodischen Aspekten lernförderlich in Unterrichtskontexte eingebunden werden können, sowie die Fähigkeit, deren Einfluss auf die Gestaltung und Dynamik von Lehr- und Lernprozessen zu reflektieren (Mishra & Koehler, 2006). Der Kompetenzbereich *„Präsentation"* im Orientierungsrahmen *DiKoLAN* konkretisiert das *Technological Pedagogical Knowledge (TPK*) beispielsweise als die individuelle Fähigkeit von Lehrpersonen, digitale Medien ziel- und adressatengerecht in Erkenntnis- und Kommunikationsprozesse einzubinden. Darüber hinaus umfasst dieser Kompetenzbereich auch das Wissen über die Potenziale und Grenzen verschiedener digitaler Präsentationsformate im Unterricht.

3 Methode

Der Zugang zur Erfassung von Planungskompetenz innerhalb der Wissensfacette des *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* wurde mithilfe textbasierter Unterrichtsvignetten realisiert. Grundlage dazu bildeten die im *DiKoLAN* nach Becker et al. (2020) formulierten Kompetenzerwartungen im Bereich *Datenverarbeitung* & *Präsentation.* Der Kompetenzbereich *Datenverarbeitung* wurde exemplarisch für die im *DiKoLAN*-Orientierungsrahmen genannten fachspezifischen Kompetenzen gewählt, da er im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle spielt. Erkenntnisse entstehen meist erst durch die Verarbeitung erhobener Messdaten (Becker et al., 2020). Demgegenüber steht der allgemeine Kompetenzbereich *Präsentation*, der die Fähigkeit umfasst, Lernprodukte digital aufzubereiten und darzustellen (Becker et al., 2020).

Die Unterrichtsvignetten fördern gezielt die Planungskompetenz in beiden Bereichen, indem sie angehende Lehrkräfte dazu anregen, relevante Aspekte für erfolgreichen digitalen Unterricht zu antizipieren. Eine Lehrperson sollte den Einsatz eines kollaborativen Tabellenkalkulationsprogramms unter Berücksichtigung von Internetverbindung, Kompetenzen, Zeit und Gruppengröße planen, um eine effektive Umsetzung zu gewährleisten. Um typische Planungsszenarien komprimiert und ohne Ablenkung darzustellen, wurden die Vignetten bewusst in Textform gehalten. Dazu wurden zu Beginn reale Kontexte aus dem naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Vignettenstamm) gesammelt und verschriftlicht. Im Sinne der Unterscheidung von Friesen & Feige (2020) zwischen einer beobachtenden Perspektive und einem Interaktionsmodus wurde letzterer gewählt, um die Rezipient*innen aktiv in die Rolle als zukünftige Lehrperson zu versetzen. Zur Optimierung und formativen Validierung soll das Testinstrument im Rahmen eines mehrstufigen Expert*innenratings überprüft werden (vgl. Ollesch et al., 2018; Franz et al., 2018). Bislang wurde ausschließlich die erste Validierungsphase, eine qualitative Expertenbefragung, abgeschlossen. Diese hatte zum Ziel, die Unterrichtsvignetten hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz zu prüfen sowie eine sorgfältige Auswahl und inhaltliche Absicherung der Vignetten vorzunehmen (vgl. Ollesch et al., 2018; Franz et al., 2018). Die Auswahl der Expert*innen erfolgte dabei auf Basis von Ausbildungsstand, aktueller Berufstätigkeit und Dauer der Berufserfahrung (vgl. Franz et al., 2018). Die ausgewählten Expert*innen wurden in zwei Gruppen unterteilt: eine schulische und eine wissenschaftliche. Die schulische Gruppe setzte sich aus Lehrpersonen zusammen, die mindestens ein naturwissenschaftliches Fach unterrichten. Die wissenschaftliche Gruppe bestand aus Fachdidaktiker*innen, darunter auch habilitierte Wissenschaftler*innen mit ausgewiesener Expertise in der Digitalisierungsforschung. Die inhaltliche Bewertung der Vignetten erfolgte anhand von acht Items, die sich in drei zentrale Bewertungskategorien unterteilten: *Eindeutigkeit und Verständlichkeit* (vgl. Ollesch et al., 2018; Franz et al., 2018; Keller et al., 2018), *Nähe zum Unterrichtsalltag* (vgl. Keller et al., 2018; Franz et al., 2018) sowie *Fachdidaktische Relevanz* (vgl. Ollesch et al., 2018; Keller et al., 2018). Davon beziehen sich zwei Items auf *Verständlichkeit und Eindeutigkeit,* drei auf die *Nähe zum Unterrichtsalltag* und drei auf *Fachdidaktische Relevanz.* Die Items wurden auf einer

fünfstufigen Likert-Skala von 1 („trifft nicht zu“) bis 5 („trifft voll und ganz zu“) bewertet (vgl. Ollesch et al., 2018; Keller et al., 2018). Zur Überprüfung der inhaltlichen Validität wurde der Median herangezogen, da der Median im Gegensatz zum Mittelwert der Ordinalskalierung der Likert-Skala besser gerecht wird und potenziell ungleiche Abstände zwischen den Antwortkategorien angemessen berücksichtigt. Bei einem Median kleiner oder gleich zwei ***(Mdn ≤ 2)*** (vgl. Ollesch et al., 2018) erfolgte eine inhaltliche Überarbeitung der Vignetten. Zur Überprüfung der Reliabilität der Items innerhalb der Bewertungskategorien wurde zusätzlich Cronbachs Alpha berechnet, um die interne Konsistenz zu sichern. Zusätzlich konnten die Expert*innen optionale Änderungsvorschläge zu den Situationsvignetten einbringen. Redundante Kommentare und Anmerkungen wurden anschließend mit den jeweiligen Expert*innen nochmals diskutiert, um eine möglichst präzise und praxisnahe Überarbeitung zu gewährleisten. Darüber hinaus waren sie dazu angehalten, Lösungsansätze zu formulieren, wie das in der Vignette definierte Unterrichtsziel erreicht werden kann.

4 Stichprobe

Die Befragungen der beiden Expert*innengruppen wurden nacheinander durchgeführt. Im Kompetenzbereich „*Datenverarbeitung*“ wurden insgesamt 17 Expert*innen eingeladen, von denen 13 (76 %) an der Validierung teilnahmen. Unter den Teilnehmenden befanden sich 9 Frauen, was einem Anteil von 69 % entspricht. Die Expert*innengruppe im Bereich „*Präsentation*“ bestand aus 14 Personen, von denen 12 (86 %) an der Befragung teilnahmen. Die Expert*innengruppe „*Präsentation*“ *(mittleres Alter: 37,6)* setzte sich nahezu paritätisch aus Lehrpersonen naturwissenschaftlicher Fächer und Wissenschaftler*innen zusammen, während im Kompetenzbereich „*Datenverarbeitung*“ *(mittleres Alter: 40,2)* mit Teilnehmenden aus beiden Gruppen ebenfalls eine nahezu ausgewogene Zusammensetzung erreicht wurde.

5 Ergebnisse

Insgesamt zeigten die Mediane, dass die Vignetten in den Kompetenzbereichen „*Datenverarbeitung*“ und „*Präsentation*“ überwiegend positiv bewertet wurden ***(alle Mdn ≥ 2)***, insbesondere hinsichtlich der *Fachdidaktischen Relevanz* ***(alle Mdn ≥ 3)***. Für die Kompetenzbereiche „*Datenverarbeitung*“ und „*Präsentation*“ liegen die Cronbachs-Alpha-Werte zwischen *.752* und *.987* bzw. *.775* und *.964*, was auf eine akzeptable bis sehr gute interne Konsistenz hinweist. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Items innerhalb der Kategorien *Eindeutigkeit und Verständlichkeit*, *Nähe zum Unterrichtsalltag* sowie *Fachdidaktische Relevanz* eine ausreichende Homogenität aufweisen, um als Indikatoren desselben Konstrukts zu gelten. Der Wert von *.752* überschreitet die oft zitierte Grenze von *.700* nur geringfügig. In explorativen oder neuentwickelten Instrumenten kann dies noch als akzeptabel gelten, sollte jedoch vorsichtig interpretiert und im Gesamtzusammenhang kritisch beurteilt werden.

6 Ausblick und Fazit

Im weiteren Verlauf der Studie ist ein quantitatives Expertenrating geplant, bei dem die Lösungsansätze zu den Unterrichtsvignetten mithilfe der entwickelten, geschlossenen Aufgabenitems durch Expert*innen bewertet werden. Ziel dieses Ratings ist, ein Referenzmaß zur Beurteilung der Lösungsgüte zu entwickeln (vgl. Ollesch et al., 2018), das später zur objektiven Bewertung der Planungskompetenz der Zielgruppe (angehender) Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften herangezogen werden kann, um der Frage nachzugehen, welche Unterschiede in den *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)*-Kompetenzen zwischen Lehrpersonen in unterschiedlichen Ausbildungsphasen (Bachelorstudium, Masterstudium und Vorbereitungsdienst) bestehen. Die zunehmende Komplexität von Unterrichtssituationen verlangt diagnostische Verfahren, die über reine Wissensabfragen hinausgehen. Vignettenbasierte Tests ermöglichen es, handlungsorientierte Kompetenzen sowie Entscheidungs- und Problemlöseprozesse in realitätsnahen Unterrichtsszenarien systematisch zu erfassen und zu bewerten.

Literatur

Backfisch, I., Lachner, A., Stürmer, K. & Scheiter, K. (2021). Gelingensbedingungen beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht: Kognitive und motivationale Voraussetzungen von Lehrpersonen. In M. Rothland, A. Hillenbrand & T. Müller (Hrsg.), *Vielfältig herausgefordert: Forschungs- und Entwicklungsfelder der Lehrerbildung auf dem Prüfstand* (S. 72–86). Tübingen University Press. https://doi.org/10.15496/publikation-52635

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

Goreth, S., Reichmann, H. & Weiler, D. (2023). Wahrgenommene Wirksamkeit von eLearning-Modulen mit Unterrichts-Videovignetten – Evaluationsinstrumente für das Projekt VidNuT // Perceived effectiveness of eLearning modules with video vignettes – evaluation tools for the VidNuT project. In A. Eghtessad & S. Goreth (Hrsg.), *Videovignetten – Unterricht professionell wahrnehmen* (Bd. 9, S. 98–116). Verlag Julius Klinkhardt.

Franz, E. K., Wacker, A. & Heyl, V. (2018). Entwicklung von Testitems zur Erfassung pädagogisch-psychologischer Handlungskompetenz. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 47–73). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_3

Friesen, M. E. & Feige, E.-M. (2020). Konstruktion und Einsatz von Vignetten und Concept Cartoons in der Lehrerbildung. In M. E. Friesen, C. Wach & M. Keller (Hrsg.), *Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung* (S. 28–52). Beltz Juventa.

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung des Unterrichts erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, *72*(5), 358–364.

Keller, E., Schmitt, M. & Glaser, C. (2018). Lehrerprofessionalisierung im Bereich der Schreibdidaktik – Konzeption eines vignettenbasierten Testverfahrens. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 93–114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_6

König, J., Buchholtz, C. & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *18*(2), 375–404. https://doi.org/10.1007/s11618-015-0625-7

Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

Lindmeier, A. (2013). Video-vignettenbasierte standardisierte Erhebung von Lehrerkognitionen. In U. Riegel & K. Macha (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken* (S. 45–62). Waxmann.

Meier, M., Thyssen, C., Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Kremser, E. & Huwer, J. (2021). Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften: Beschreibung und Messung von Kompetenzzielen der Studienphase im Bereich Präsentation. In *Proceedings der 26. Internationalen Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft (GMW 2021)* (S. 184–189). Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e. V. https://doi.org/10.5281/zenodo.5798963

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Ollesch, J., Dörfler, T. & Vogel, M. (2018). Die inhaltliche Validierung von Unterrichtsvignetten durch eine mehrstufige Expertenbefragung. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 129–151). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_8

von Kotzebue, L. V., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T. & Thyssen, C. (2021*). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as basis for the self-assessment tool DiKoLAN Grid. Education Sciences, 11*(12), 775. https://doi.org/10.3390/educsci11120775

Yinger, R. J. & Hendricks-Lee, M. S. (1995). Teacher planning. In L. W. Anderson (Hrsg.), *International encyclopedia of teaching and teacher education* (S. 188–192). Pergamon.

Keywords: Kompetenzdiagnostik; Lehrpersonen; digitale Kompetenzen; Naturwissenschaften

Sabrina Syskowski

Effektive Integration generativer KI-Tools im chemischen akademischen Kontext – ein Seminarkonzept

1 Künstliche Intelligenz (KI) im chemischen akademischen Kontext

Künstliche Intelligenz (KI) ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken – ähnlich wie es mit dem Taschenrechner war. Dennoch wissen viele Studierende bislang kaum, wie sie KI sinnvoll, korrekt, rechtlich abgesichert und ethisch verantwortungsvoll nutzen können. Zwar greifen bereits viele Studierende auf KI-Tools zurück, doch häufig fehlt ihnen ein grundlegendes Verständnis für deren Funktionsweise oder für die Auswirkungen dieser Technologien auf ihren zukünftigen Beruf und Studium (Berber et al., 2025; Cechovsky & Malli-Voglhuber, 2025). Der AI Act der Europäischen Union betont die Verantwortung von Bildungseinrichtungen, Kompetenzen im Umgang mit KI zu vermitteln (*Die Gesetzestexte | EU-Gesetz zur künstlichen Intelligenz*, 2024).

Vor diesem Hintergrund wurde an der Universität Konstanz ein Seminar zur Integration von KI in das naturwissenschaftliche Studium – mit besonderem Fokus auf das Fach Chemie – konzipiert. Zielsetzung der Lehrveranstaltung war es, Studierenden einen fundierten Zugang zu aktuellen KI-Werkzeugen zu eröffnen und deren Anwendungsmöglichkeiten im wissenschaftlichen Kontext kritisch zu analysieren. Im Zentrum stand dabei die didaktisch reflektierte Frage, inwiefern KI-basierte Systeme als unterstützende Instrumente im Studienverlauf zur Förderung kognitiver Prozesse sowie zur effizienteren Bearbeitung wissenschaftlicher Problemstellungen beitragen können. Die Lernziele des Seminars umfassten sowohl ein grundlegendes Verständnis von KI und ihren Technologien – insbesondere von sogenannten Large Language Models (LLMs) – als auch deren praktische Anwendung im Studienalltag (Tabelle 1).

Im folgenden Beitrag werden das Seminarkonzept sowie eine erste Evaluation der Wirkungen vorgestellt.

2 Seminarkonzept

Das Seminar wurde als Pilotprojekt zur Schulung von Studierenden im Fachbereich Chemie, also an Studierende der Studiengänge Chemie, Life Science und Nanoscience an der Universität Konstanz konzipiert. Es stellt eine fachübergreifende Zusatzqualifikation im Umfang von 3 ECTS-Punkten dar. Es baut auf dem Konzept der KI-Schreibwerkstatt sowie der Fachdidaktik III der Naturwissenschaften auf und nutzt damit gezielt inneruniversitäre Ressourcen. Die KI-Schreibwerkstatt der Universität Konstanz ist ein Angebot des Schreibzentrums, das Studierende in verschiedenen Phasen wissenschaftlicher Schreibprozesse unterstützt – vom Brainstorming über Recherche und Erstfassung bis zur Überarbeitung – unter Einbezug KI-gestützter Tools (Everke Buchanan, 2024). Die Fachdidaktik III an der Universität Konstanz (5 ECTS)

baut auf dem DiKoLAN-KI auf und ist als Seminar plus Tutorium konzipiert (Berber et al., 2024; Huwer et al., 2024). Es beinhaltet projekt- und produktorientierte Aufgaben, beispielweise die Erstellung und Testung digitaler Angebote und Apps, und behandelt Themen wie Adaptivität, digitale Messwerterfassung und die anderen Bereiche des DiKoLAN-KI (Berber et al., 2024; Huwer et al., 2024). Für die Durchführung des Seminars ist eine Mindestanzahl von 8 bis 12 Teilnehmenden erforderlich. Das Seminar ist auf Samstage terminiert, um den Chemie-Studierenden trotz der unter der Woche voll belegten Praktikumszeiten die Teilnahme zu ermöglichen.

Die Veranstaltung besteht aus vier Terminen. Der erste und letzte Termin erfolgen online und dauern jeweils 90 Minuten. Der zweite und dritte Termin werden als Präsenzveranstaltungen abgehalten und dauern jeweils 6 Stunden einschließlich Pausen. Diese Mischung aus Online- und Präsenzanteilen plus synchronen und asynchronen Aufträgen ermöglicht eine zeitlich flexible und dennoch intensive Auseinandersetzung mit den Seminarinhalten.

Das Seminar verfolgt ein einheitliches didaktisches Konzept mit aufeinander aufbauenden Themen (Tabelle 1). Jede Einheit beginnt mit einem Input, der entweder durch einen Vortrag oder im Selbststudium erfolgt und durch interaktive Übungen sowie praktische Anwendungen ergänzt wird. Am Ende jedes Themas reflektieren die Studierenden ihre Erfahrungen und Ergebnisse im Portfolio. Die vier Termine führen von einer grundlegenden Orientierung über ethische und forschungsbezogene Aspekte bis hin zu einem eigenen Anwendungstransfer (siehe Tabelle 1). Dieses Konzept ermöglicht es, sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Kompetenzen im Umgang mit KI zu vermitteln. Die Auswahl der Themen orientiert sich an den zentralen Herausforderungen und Chancen, die KI für Studium und Gesellschaft mit sich bringt. Ziel ist es, technische Grundlagen sowie ethische und rechtliche Aspekte zu vermitteln, die für einen reflektierten Umgang mit KI im Studium und in der Forschung notwendig sind. Die Studierenden lernten, wie KI-gestützte Tools z. B. zur Zusammenfassung von Lerninhalten, zur Datenvisualisierung oder zur Unterstützung bei Literaturrecherchen eingesetzt werden können (Graham, 2023; Nam & Bai, 2023; Silvia, 2007). Darüber hinaus sollten sie ein kritisches Bewusstsein für die Chancen und Herausforderungen der KI-Nutzung im naturwissenschaftlichen Bereich entwickeln (Nam & Bai, 2023; OECD, 2023).

Tabelle 1: Seminarkonzept mit Lernzielen

Sitzung	Thema	Lernziele, Die Studierenden:
1 online	Einführung in KI und naturwissenschaftliche Anwendungsfelder	– geben grundlegende Formen von Künstlicher Intelligenz und Machine Learning wieder, – stellen den Einfluss von Prompt-Gestaltung und Kontext auf das Antwortverhalten von KI-Systemen dar, – können exemplarische Einsatzmöglichkeiten von KI sowohl im Alltag als auch in den Naturwissenschaften benennen (z. B. Alexa, Siri, personalisierte Werbung, autonomes Fahren/Labore, WolframAlpha, Flora Incognita, Proteinstrukturaufklärung, Bildverarbeitung, Retrosynthese), – reflektieren ihre ersten Erfahrungen bezüglich der KI-Anwendungen bzw. Aspekten schriftlich in einem Portfolio (wdh. jede Sitzung).
2 Präsenz	Ethische Perspektiven und KI in der Forschung	– beschreiben grundlegende ethische, rechtliche und juristische Fragestellungen im Umgang mit KI und Deep Fakes, – benennen und erklären verschiedene KI-Anwendungen in der chemischen Forschung, – reflektieren Anwendungsmöglichkeiten von KI im wissenschaftlichen Schreibprozess, – wenden unterschiedliche Prompting-Strategien gezielt an.
3 Präsenz	KI praktisch anwenden – eigenes Tool gestalten	– erstellen mithilfe der Plattform Poe einen eigenen Lern-Bot und entwickeln diesen weiter, – benennen und ordnen Anwendungsmöglichkeiten von KI bei Recherche, Leseverständnis, Bewertung von Fachliteratur und dem Schreibprozess ein, – benennen Methoden zur KI-gestützten Aufbereitung und Präsentation von Daten und Inhalten.
4 online	Reflexion und Transfer	– Nennen und begründen mindestens zwei konkrete Einsatzmöglichkeiten von KI für ihr weiteres wissenschaftliches Arbeiten und reflektieren deren Vor- und Nachteile, – präsentieren ihre Erkenntnisse im Pecha-Kucha-Format adressatengerecht, kompakt und strukturiert.

3 Evaluation

Die Evaluation wurde zu zwei Zeitpunkten durchgeführt, einmal zu Beginn der ersten Sitzung, um zu ermitteln, wo die Studierenden mit ihren KI-Kenntnissen stehen und ob die Lernziele des Seminars mit den Erwartungen der Studierenden übereinstimmen (via Mentimeter). Bei der zweiten Erhebung, am Ende der dritten Sitzung, wurde der Lehrevaluationsfragebogen der Universität Konstanz verwendet, um die Lern- und Lehrsituation zu erfassen (mit „allgemeinen Angaben zur Person", „Gesamtbewertung", „Lehren & Lernen", „Rahmenbedingungen", „Arbeitsaufwand") (Tabelle 2). Am Ende der vierten Sitzung wurde eine Diskussion geführt, um ein Verständnis mit den Studierenden herzustellen. Darüber hinaus beinhalteten die Portfolios zum Teil auch Punkte zur Evaluation, da die Studierenden hier festhielten, was sie aus den Sitzun-

gen mitnehmen und wie sie die Aufträge umsetzen konnten. Die qualitativen Daten der Erwartungen wurden deduktiv nach der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) den Lernzielen zugeordnet. Andere Freitexte wurden induktiv kategorisiert (Kuckartz, 2018). Die Fragenbogenwerte wurden mittels deskriptiver Statistik ausgewertet.

Insgesamt nahmen 19 Studierende vom 1.–10. Fachsemester dreier Studienrichtungen der Chemie (Chemie (7) / Nanoscience (5) / LifeScience (7)) am Seminar im Wintersemester 2023–2024 teil. 18 von ihnen gaben die Rückmeldung zur Veranstaltung mittels des Lehrevaluationsfragebogens.

Erwartungen an das Seminar bestanden in einem tieferen Verständnis für die Funktionsweisen von LLMs sowie in der Vermittlung von Kenntnissen zur sinnvollen, korrekten, rechtlichen und ethischen Anwendung von KI im akademischen Kontext, einschließlich einer Analyse von Vor- und Nachteilen. Zudem sollten neue fachbezogene KI-Tools kennengelernt, richtiges Prompten erlernt und ein Überblick über die von Studierenden genutzten Tools gewonnen werden. Die Erwartungen zeigten somit eine hohe Übereinstimmung mit den definierten Lernzielen.

Die Ergebnisse der Befragung zu „Lehren & Lernen" in der Veranstaltung sowie die „Rahmenbedingungen" und der „Arbeitsaufwand" zeigen insgesamt eine sehr positive Einschätzung (siehe Tabelle 2). Eine größere Streuung findet sich nur bei der Möglichkeit, auf Vorkenntnisse zurückzugreifen, was durch unterschiedliche KI-Nutzungsstände erklärt werden kann. In den offenen Antworten wurden vielfältige Themenabdeckungen und das Eingehen auf Wünsche positiv hervorgehoben (N = 10). Die interaktiven Aufgaben wurden geschätzt (N = 10), teils aber als zu zahlreich empfunden und sich mehr Input gewünscht (N = 5). Einige Studierende äußerten zudem die Auffassung, dass sie einen gewissen Mehrwert für ihre zukünftige berufliche Laufbahn erlangen konnten (N = 3). Zusätzlich wird die Bedeutung des Austauschs im Kurs als ein positiver Aspekt betont (N = 5), welche aus lerntheoretischer Sicht die positiven Werte zum „Lehren & Lernen" erklären kann. Ärgerlich für die Studierenden war der Punkt der wenigen Steckdosen im Raum und die Größe (N = 2) sowie zu wenige technische Aspekte (N = 4). Für das Sommersemester 2025 wurde ein anderer Raum gebucht und das Programm durch einen Fachinput von Expert*innen aus der Informatik erweitert.

Insgesamt spiegeln die Ergebnisse eine hohe Zufriedenheit mit der Lehrqualität, der Interaktion mit den Lehrenden sowie mit den Lernbedingungen wider. Besonders das Eingehen auf Fragen und die praxisnahe Gestaltung wurden positiv bewertet. Die Ergebnisse deuten auch auf günstige Rahmenbedingungen hin, die das Lehren und Lernen in der Veranstaltung unterstützen. Optimierungen, wie die Umsetzung des Wunsches nach mehr Technikbezug, wurde für das Sommersemester 2025 umgesetzt. Dies erfolgte, indem die Informatikdidaktik der UKN als Gast eingeladen und ein von ihr entwickelte Bot selbst erstellt und angewendet wurde.

Tabelle 2: Lehrevaluationsfragebogen mit Fragen, Skalen und Ergebnissen

Bereich	**Frage**	**Skala**	**MW/P***	**s***
Allgemeine Angaben zur Person	Fachsemester, Studienrichtung	-	-	-
Gesamtbewertung	Index Lehren und Lernen	1-5*	1,59	0,66
	Index Zufriedenheit	1-5*	1,83	0,79
	Weiterempfehlung der Lehrveranstaltung	1-5*	1,78	0,94
	Veranstaltung ist lebendig und interessant	1-5*	1,56	0,98
Lehren & Lernen	Klare Lernzielkommunikation	1-7*	1,61	0,61
	Nachvollziehbarer inhaltlicher Aufbau der Veranstaltung	1-7*	1,83	0,62
	Lehr-/Lernatmosphäre angenehm und produktiv für mich	1-7*	1,50	0,71
	Lehrende geben hilfreiche Rückmeldungen und Hinweise	1-7*	1,44	0,62
	Antworten von Lehrenden auf gestellte Fragen helfen weiter	1-7*	1,56	0,62
	ausreichend Möglichkeiten, um Fragen zu stellen	1-7*	1,11	0,32
	Hoher Lernerfolg zum aktuellen Zeitpunkt	1-7*	2,06	1,0
	Veranstaltung interessant durch Einbindung von Praxisbeispielen	1-7*	1,56	0,78
Rahmenbedingungen	Starke Möglichkeit, auf Vorkenntnisse zurückzugreifen	1-7*	2,83	1,2
	Hohes Interesse am Thema vor Beginn	1-7*	1,61	0,7
	Angemessenheit der Teilnehmerzahl	1-7*	1,11	0,32
	Förderliche Raumgegebenheiten	1-7*	1,47	0,8
Arbeitsaufwand	Arbeitsaufwand im Vergleich zu den vergebenen ECTS-Punkten	1-5^{+}	2,94	0,42
	fachliche Anforderungen	1-5^{+}	2,81	0,54

MW/P*: Mittelwert/Prozent, s*: Standardabweichung, 1-5*: (1 : sehr gut, 5 : sehr schlecht),
1-7*: 1: trifft voll zu bis 7: trifft nicht zu erfasst, 1-5^{+}: (1 : viel zu niedrig, 5 : viel zu hoch)

Dank

Ich möchte mich herzlich bei Stephanie Kahsay bedanken, die dieses Seminar zusammen mit mir aus dem Blick der Schreibzentrums der Universität Konstanz umsetzt.

Literatur

Berber, S., Brückner, M., Maurer, N. & Huwer, J. (2025). Artificial Intelligence in Chemistry Research – Implications for Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education*, *102*(4), 1445–1456. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01033

Berber, S., Syskowski, S. & Huwer, J. (2024). Science-Future-Lab: Ein innovatives Lehr-Lern-Laborkonzept zur Integration von Zukunftstechnologien. In J. Huwer, S. Becker-Genschow, C. Thyssen, L.-J. Thoms, A. Finger, L. von Kotzebue, E. Kremser, M. Meier & T. Bruckermann (Hrsg.), *Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz: Perspektiven, Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 138–141). Waxmann. http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-2-1me08bw09vcle3

Cechovsky, N. & Malli-Voglhuber, C. (2025). Von der Hochschule ins Klassenzimmer: Die Rolle der KI in der Lehrer:innenbildung. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, *20*(SH-KI-2), 143–164. https://doi.org/10.21240/zfhe/SH-KI-2/08

Die Gesetzestexte | EU-Gesetz zur künstlichen Intelligenz (2024, Juli 12). https://artificialintelligenceact.eu/de/das-gesetz/

Everke Buchanan, S. (2024, Juli). *Künstliche Intelligenz beim wissenschaftlichen Schreiben*. Universität Konstanz.

Everke Buchanan, S. & Kahsay, S. (2024, März 11). *KI-Schreibwerkstatt: Generative KI ausprobieren, kritisch reflektieren und fundiert bewerten*. DHBW Stuttgart. http://anmelden-bw.de/dl/KI-Vernetzung_Programm.pdf

Graham, S. S. (2023). Post-Process but Not Post-Writing: Large Language Models and a Future for Composition Pedagogy. *Composition Studies*, *51*(1), 162–168.

Huwer, J., Becker-Genschow, S., Thyssen, C., Thoms, L.-J., Finger, A., Kotzebue, L. von, Kremser, E., Meier, M. & Bruckermann, T. (Hrsg.). (2024). *Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz: Perspektiven, Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Waxmann.

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

Nam, B. H. & Bai, Q. (2023). ChatGPT and its ethical implications for STEM research and higher education: A media discourse analysis. *International Journal of STEM Education*, *10*(1), 66. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00452-5

OECD. (2023). *Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research*. OECD. https://doi.org/10.1787/a8d820bd-en

Silvia, P. J. (2007). *How to write a lot: A practical guide to productive academic writing*. American Psychological Association.

Keywords: Künstliche Intelligenz (KI); KI-Tools; Chemie; Chancen; Risiken; Hochschullehre, naturwissenschaftliche Bildung

Erik Kremser und Markus Weber

Die begehbare Datenbank

360-Grad-Umgebung für eine Gerätesammlung

1 Einleitung

Studierende sehen sich häufig mit der Herausforderung konfrontiert, Praktika ohne vorherige Kenntnis der Laborinfrastruktur und Geräteausstattung antreten zu müssen, was eine zeitkritische Einarbeitungsphase vor Ort erfordert. Am Beispiel des Demonstrationspraktikums Physik der TU Darmstadt umfasst dies zwei Hauptlaborräume mit den primär relevanten Versuchsaufbauten. Zusätzlich wird auf Equipment der Vorlesungsassistenz Physik zurückgegriffen, das in sechs weiteren Räumlichkeiten verortet ist. Der Zugang zu detaillierten Geräteinformationen, den sogenannten Gerätekarten, ist dabei räumlich und zeitlich beschränkt: Diese sind typischerweise in Ordnern in den Praktikumsräumen deponiert und somit ausschließlich während der offiziellen Praktikumsphasen für die Teilnehmenden nutzbar. Einige Gerätekarten werden auch in Bibliotheken oder im Internet vorgehalten. Diese können aber nur gezielt gesucht werden, wenn bekannt ist, welches Gerät in der jeweiligen Sammlung vorhanden ist. Das Mediennutzungsverhalten der Studierenden ist zunehmend von der Rezeption und Kommunikation audiovisueller Inhalte geprägt (Gidion & Weyrich, 2017; Zawacki-Richter et al., 2014). Der Vorteil dieser Medien ist, dass sie die Distanzierung vom Abstrakten ermöglichen (Meinert & Tuma, 2022), weil Räume vollständig abgebildet und analysiert werden können (Meinert & Tuma, 2022). Dies ermöglicht, die Umgebung individuell zu erkunden (Hebbel-Seeger, 2018) und zusätzliche örtliche Erlebnisse, welche anders nicht erreichbar wären (Feurstein & Neumann, 2022). Dadurch wird ein Präsenzerleben situiert in einem Umfeld ermöglicht, welches nicht unmittelbar zugänglich ist (Hebbel-Seeger, 2018).

In diesem Beispiel wurde für das Demonstrationspraktikum Physik eine Web-Anwendung aus 360-Grad-Aufnahmen der Praktikumsräume und der Räume der Gerätesammlung der Vorlesungsassistenz angefertigt, in der eine Navigation von Aufnahme zu Aufnahme möglich ist. Die Schränke bzw. Regale, in denen sich für das Praktikum genutzte Geräte befinden, können virtuell geöffnet und durch Anklicken der Geräte Informationen in Form von eingescannten Betriebsanleitungen oder Gerätekarten entnommen werden. Diese 360-Grad-Umgebung des Praktikums ermöglicht den Studierenden einerseits eine unabhängige Orientierung in den Räumen, die als Lernumgebung dienen, und andererseits einen unabhängigen Zugang zu Informationen zu den Geräten, die im Praktikum Verwendung finden. Durch die zeit- und ortsunabhängige Verfügbarkeit wird den Studierenden ein Autonomieerleben mit einer Lerngelegenheit zur selbstbestimmten Orientierung, ausgehend vom eigenen Interesse und Wissen über die individuelle Wahl der Perspektive, ermöglicht (Grossman et al., 2009). Da die Räume komplett fotografiert wurden, steigt die Komplexität der Situierung, ermöglicht aber dadurch den Studierenden, sich über die technischen

Einrichtungen hinaus über die komplette Ausstattung, wie z. B. Sicherheitseinrichtungen, Rettungswege, Kleiderständer oder Waschgelegenheit, zu informieren, so dass sie während der Durchführung des Praktikums dahingehend kognitiv entlastet werden, dass sie sich nicht spontan in einer ungekannten Umgebung orientieren müssen. Durch das Entdecken, Identifizieren, Einordnen und Verknüpfen wird den Studierenden ein Kompetenzerleben ermöglicht (Hebbel-Seeger & Vohle, 2022).

Um beurteilen zu können, ob die 360-Grad-Umgebung der Orientierung und der Geräteinformation für die Studierenden dient, gehen wir folgenden Forschungsfragen nach:

FF1: Wie wird die Anwendung von den Studierenden genutzt?

FF2: Wie bewerten die Studierenden die 360-Grad-Umgebung hinsichtlich der Orientierung in den Räumen und der Informationen zu den Geräten?

FF3: Empfehlen die Nutzenden die Nutzung für Nachfolgende?

2 Methodik

Die Studie findet in Form einer partizipativen Aktionsforschung mit 3 Fragebögen statt. Vor der Nutzung werden die Studierenden bezüglich ihrer Erwartungen und Wünsche an einer 360-Grad-Umgebung befragt. Erst danach erhalten sie den Link und die Zugangsdaten zur 360-Grad-Umgebung. Mit dem Arbeitsauftrag, für mindestens eines der Themen des bevorstehenden Praktikums die benötigten Geräte zu identifizieren und deren Eigenschaften in Erfahrung zu bringen, wird ein motivationaler und interaktiver Kontext geschaffen (Stahl et al., 2005). Nach der Nutzung der 360-Grad-Umgebung erfolgt eine Befragung zum Technologieakzeptanzmodell (TAM-Modell) (Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Holden & Rada, 2011) und zur Orientierung, Nutzung sowie zu Schwierigkeiten und Wünschen. Das TAM-Modell wird verwendet, um die extrinsische Motivation und die damit verbundene Instrumentalität zu erfassen. Dies geschieht anhand der Konstrukte der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit, des wahrgenommenen Nutzens, der Einstellungen gegenüber der Technologie und der Absichten zur Nutzung der Technologie (u. a. Davis, 1989). Somit wird auf Items aus validierten Fragebögen zum TAM-Modell zurückgegriffen, bei denen „CHART-MASTER“ bei den Items von Davis (1989), „system“ bei den Items von Venkatesh & Davis (2000) und „technology“ bei den Items von Holden und Rada (2011) durch „360-Grad-Umgebung“ ersetzt werden. Zusätzlich werden Items zur Bedienung der 360-Grad-Umgebung aufgenommen, die Aufschluss darüber geben sollen, wie diese empfunden und ggf. verbessert werden können. Für die getroffenen Aussagen werden die Antworten der siebenstufigen Likert-Skala von „stimme voll und ganz zu“, „stimme einigermaßen zu“ und „stimme eher zu“ für eine Zustimmung „stimme voll und ganz nicht zu“, „stimme einigermaßen nicht zu“ und „stimme eher nicht zu“ für eine Ablehnung der jeweiligen Aussage gewertet.

Am Ende des Praktikums werden die Studierenden mit einem dritten Fragebogen hinsichtlich Änderungen und zusätzlicher Inhalte befragt.

Alle Fragebögen werden zunächst mit den elf Studierenden der Lehramtsstudiengänge Physik im SoSe2023 getestet und anhand deren Rückmeldungen überarbeitet. Diese Fragebögen werden im WiSe2024/24 von 4 Studierenden und im WiSe 2024/25 von 4 Studierenden vollständig ausgefüllt. Zusätzlich werden die Fragebögen von den Teilnehmenden des Workshops der Vorlesungsassistenten Deutschlands (VLAssis), der im SoSe2023 stattfindet, bearbeitet.

2.1 Allgemeine Definition und Verständnis von 360-Grad-Rundumsicht

Ein 360-Grad-Kamera-Panoramabild, auch Kugelpanorama genannt, ist ein Foto, das eine vollständige Rundumsicht von einem Punkt aus darstellt. Im Gegensatz zu einem normalen Foto, das nur einen begrenzten Ausschnitt zeigt, erfasst ein Panoramabild die gesamte Umgebung. Die Rundumsicht, die durch ein Panoramabild ermöglicht wird, bietet dem Betrachter ein immersives Erlebnis, als würde er sich mitten in der Szene befinden. So kann die Umgebung frei erkundet und Details entdeckt werden, die in einem normalen Foto so nicht sichtbar wären (u. a. Windscheid & Rauterberg, 2022).

Für dieses Projekt werden für die Anfertigung der Panoramabilder eine 360-Grad-Kamera und eine DSLR-Kamera mit Fischaugenobjektiv und ein Panoramastativkopf verwendet. Nähere Informationen zur Technologie und den benötigten Verfahren zur Erstellung der 360-Grad-Umgebung entnehmen Sie dem Selbstlernkurs „360 Grad Lernszenarien konzipieren und gestalten“ auf imoox.at.

3 Ergebnisse

Bedingt durch die kleinen Stichproben der Teilnehmenden an dem Praktikum können keine statistischen Analysen vorgenommen, sondern nur vage Aussagen zur Akzeptanz der 360-Grad-Umgebung getroffen werden.

Für die im Folgenden aufgelisteten Ergebnisse werden die Rückmeldungen der Studierenden in den Wintersemestern zusammengefasst.

Die Studierenden geben an, dass die 360-Grad-Umgebung ihnen bei der Orientierung allgemein (50 %) und insbesondere an den Versuchstagen (63 %), beim Auffinden der Geräte (50 %) und der Informationen zu den Geräten (75 %) hilft. Die Technologie ist einfach zu benutzen (63 %), hat eine gute Funktionalität (88 %) und die hinterlegten Datenblätter sind hilfreich (63 %). Insgesamt bevorzugen sie die 360-Grad-Umgebung (50 %) gegenüber der Homepage der Hersteller (13 %), dem gedruckten Datenblatt (0 %) oder anderen Quellen (13 %). Sofern ihnen ein Zugang zur Verfügung steht, würden 88 % der Studierenden dieses System auch nutzen und 75 % den nachfolgenden Studierenden die Nutzung dieser Umgebung empfehlen. Für die Weiterentwicklung der 360-Grad-Umgebung wünschen sie sich eine Suchfunktion (in

unterschiedlichen Ausprägungen), eine 360-Grad-Einzelansicht der Geräte, eine Lesezeichen-Funktion, Filterfunktion, eine „Einkaufsliste“ für die Zusammenstellung von Geräten zu einem Versuch und einen Katalog über die eingescannten Datenblätter und Handbücher.

Die Teilnehmenden des Workshops der VLAssis haben die Fragebögen sehr ungleichmäßig ausgefüllt, so dass die folgenden Angaben sich auf unterschiedliche Gesamtzahlen beziehen. Den VLAssis gibt den Teilnehmenden die 360-Grad-Umgebung Orientierung im Vorfeld der Veranstaltung (40 %), aber nur einer Person am Veranstaltungstag. Das Auffinden von Geräten (13 %) ist ebenso wenig von Interesse wie das Einholen von Informationen zu den Geräten (20 %). Hohe Zustimmung gibt es bei der einfachen Benutzbarkeit der Technologie (80 %) sowie Zustimmung zur guten Funktionalität (67 %) und zur Nützlichkeit der hinterlegten Datenblätter (68 %). Für das Einholen von Informationen zu Geräten bevorzugen die meisten die gedruckten Datenblätter der Hersteller (47 %) und nur die Minderheit die Homepage der Hersteller (20 %), die 360-Grad-Umgebung (20 %) oder andere Quellen (13 %). Dennoch würden die meisten von ihnen (67 %) dieses System nutzen, wenn es ihnen zur Verfügung stünde und sie geben die gleichen Wünsche hinsichtlich Erweiterung an wie die Studierenden.

4 Diskussion

Zur FF1: Wie die Ergebnisse zeigen, wird die 360-Grad-Umgebung von der Mehrheit der Studierenden genutzt. Das entspricht auch dem Eindruck der Betreuenden im Praktikum, die von den Studierenden deutlich seltener als in früheren Jahrgängen gefragt werden, wo welches Gerät zu finden ist. Dies lässt den Schluss zu, dass die Studierenden die Möglichkeit der individuellen Erkundung (Hebbel-Seeger, 2018) genutzt haben und durch die Vorbereitung mit einem interaktionsbasierten Zugang situiert im Kontext (Hebbel-Seeger, 2018) mittels der 360-Grad-Umgebung auch in der Präsenzzeit im Praktikum ein Kompetenzerleben hinsichtlich des Entdeckens und Identifizierens (Hebbel-Seeger & Vohle, 2022) ermöglicht wird. Der motivationale und interaktive Kontext (Stahl et al., 2005) des Identifizierens und Zusammensuchens der benötigten Geräte hat die Studierenden dazu animiert, die 360-Grad-Umgebung als Lernressource (Handke, 2015) und als Spezialfall eines Learning-Management-Systems mit zusätzlicher Funktionalität (Seidel, 2018) zu nutzen.

Im Vergleich dazu wird die 360-Grad-Umgebung nur von wenigen VLAssis genutzt, weil sie sich nur für den Workshop in einer für sie unbekannten Gerätesammlung aufhalten, ohne einen realen Arbeitsauftrag erfüllen zu müssen.

Zur FF2: Die Studierenden äußern sich überwiegend positiv, wünschen sich jedoch mehr Personalisierung. Ihre bessere Orientierung und Geräteauswahl lässt darauf schließen, dass sie die authentische Lernsituation (Hebbel-Seeger et al., 2019) und ihren Mediennutzungsgewohnheiten angepasste audiovisuelle Inhalte (Gidion & Weyrich, 2017; Zawacki-Richter et al., 2014) im Vorfeld des Praktikums individuell nutzen. Dadurch können sie sich die bisher nicht unmittelbar zugänglichen, aber nun

in einer 360-Grad-Umgebung verfügbaren Informationen kontextbezogen aneignen (Hebbel-Seeger, 2018). Die resultierende Zeit- und Ortsunabhängigkeit ermöglicht ihnen zudem ein Erleben von Autonomie (Grossman et al., 2009) und Kompetenz (Hebbel-Seeger & Vohle, 2022).

Nur wenige VLAssis nutzen die 360-Grad-Umgebung zur Orientierung, was sich damit erklären lässt, dass der Workshop nur ein einmaliges Ereignis ist und die Orientierung in den Räumlichkeiten keine so große Rolle spielt, weil außer dem Besichtigen keine Anforderungen an die Teilnehmenden des Workshops gestellt werden. Hier wirkt der motivationale und interaktive Kontext, der vom Lehrenden geschaffen werden muss (Stahl et al., 2005), aufgrund der berufsbedingten intensiven Auseinandersetzung mit den Eigenschaften der Geräte in einer Gerätesammlung und der umfangreichen Erfahrung beim Aufbau von Versuchen, nicht.

Zu FF3: Beide Gruppen, sowohl die Studierenden als auch die VLAssis empfehlen die Nutzung der 360-Grad-Umgebung für Nachfolgende.

Die Antworten der Befragten bestätigen, dass die beabsichtigten Ziele, die Orientierung in den Räumen des Praktikums und den Zugang zu Informationen zu Geräten, die im Praktikum benötigt werden, zu erleichtern, erreicht werden.

Durch die Verbindung von kognitiven, affektiven und verhaltensbezogenen Reaktionen auf Technologien gibt das TAM-Modell (Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Holden & Rada 2011) auch im Kontext einer 360-Grad-Umgebung Auskunft über die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, den wahrgenommenen Nutzen, die Einstellungen gegenüber der Technologie sowie die Absichten zur Verwendung der Technologie.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die 360-Grad-Umgebung für die Durchführung eines Praktikums einen Mehrwert bietet. Dies kann damit begründet werden, dass den Studierenden mit einem ihren Mediennutzungsverhalten angepassten audiovisuellen Inhalt (Gidion & Weyrich, 2017; Zawacki-Richter et al., 2014) benötigte Informationen situiert in einem Umfeld geboten werden, welche bisher nicht unmittelbar zugänglich waren (Hebbel-Seeger, 2018), aber nun mit einer 360-Grad-Umgebung zur Verfügung stehen und durch die Zeit- und Ortsunabhängigkeit ein Autonomieerleben (Grossman et al., 2009) und Kompetenzerleben (Hebbel-Seeger & Vohle, 2022) ermöglichen.

Literatur

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319–339.

Feurstein, M.S. & Neumann, G. (2022). Ein konzeptionelles Modell zur Gestaltung von 360°-Video Lehr-Lernszenarien im Kontext der Hochschullehre. In J. Windscheid & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen Sozialforschung. Ein interdisziplinärer Überblick zum Einsatz von 360°-Videos in Forschung und Lehre*. Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Gidion, G. & Weyrich, M. (Hrsg.). *Mediale Hochschul-Perspektiven 2020 in Baden-Württemberg: empirische Untersuchung im Rahmen der Allianz „Forward IT“*. KIT Scientific Publishing. https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000064688 (12.03.2019).

Grossman, P., Hammerness, K. & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education, *Teachers and Teaching*, *15*(2), 273–289, https://doi.org/10.1080/ 13540600902875340

Handke, J. (2015). *Handbuch Hochschullehre Digital: Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre*. Tectum Wissenschaftsverlag.

Hebbel-Seeger, A. (2018). 360°-Video in Trainings- und Lernprozessen. In U. Dittler & C. Kreidl (Hrsg.), *Hochschule der Zukunft – Beiträge zur zukunftsorientierten Gestaltung von Hochschulen* (S. 265–290). Springer VS.

Hebbel-Seeger, A. & Vohle, F. (2022). 360°-Video mit Social Video Learning – Forschungsperspektiven sichten und aushandeln. In J. Windscheit & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen SozialforschungEin interdisziplinärer Überblick zum Einsatz von 360°-Videos in Forschung und Lehre* (S. 145–164). Springer.

Holden, H. & Rada, R. (2011). Understanding the Influence of Perceived Usability and Technology Self-Efficacy on Teachers' Technology Acceptance. *Journal of Research on Technology in Education*, *43*(4), 343–367, https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782576

Meinert, L. & Tuma, R. (2022). 360°-Videoaufnahmen als Daten der Videographie Zusammenhang von Aufzeichnung, Repräsentation und Forschungsgegenstand. In J. Windscheit & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen Sozialforschung. Ein interdisziplinärer Überblick zum Einsatz von 360°-Videos in Forschung und Lehre* (S. 35–64). Springer.

Seidel, N. (2018). *Interaction Design Patterns und CSCL-Scripts für Videolernumgebungen* [Dissertation, Technische Universität Dresden]. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz: 14-qucosa-233756

Stahl, G., Koschmann, T. & Suthers, D. D. (2005). Computer-Supported Collaborative Learning. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (S. 409–426). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO978051181683 3.025

Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, *46*(2), 186–204.

Windscheid, J. & Rauterberg, T. (2022). Technische Rahmenbedingungen bei der Produktion von 360°-Videos. In J. Windscheid & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen Sozialforschung* (S. 103–142). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34364-4_5

Zawacki-Richter, O., Hohlfeld, G. & Müskens, W. (2014). Mediennutzung im Studium. *Schriftenreihe Zum Bildungs- und Wissenschaftsmanagement*, *1*(1), 1–36. http://openjournal.uni-oldenburg.de/index.php/bildungsmanagement/article/view/10 (12.03.2019).

Keywords: Praktikum, Orientierung, Geräteinformationen, Panoramabilder, TAM-Modell, 360-Grad-Technologie

Lisa Zöllner und Jolanda Hermanns

Digitale Lernumgebungen für das kollaborative Lösen komplexer Aufgabenstellungen in der OC

1 Kollaboratives vs. Kooperatives Lernen und Arbeiten

Während beim kooperativen Lernen die Arbeitsaufträge zwischen den Lernenden zunächst aufgeteilt, dann individuell bearbeitet und zum Abschluss vereint werden, arbeiten kollaborativ Lernende gemeinsam und nehmen keine Aufteilung vor. Sie erarbeiten ein gemeinsames Verständnis der Aufgabe und erreichen ihr Ziel, die Lösung der Aufgabe, durch Interaktionen mit anderen Lernenden und ihr intrinsisches Bemühen, die Mitlernenden zu verstehen. Hierbei unterstützen die Lernenden sich gegenseitig (Konrad, 2014; Lenz et al., 2016). Aus lernpsychologischer Perspektive gilt kollaboratives Lernen als besonders wertvoll, da es den Austausch zwischen den Lernenden intensiviert und eine tiefergehende, reflektierende Auseinandersetzung mit dem Lernstoff ermöglicht. Kollaboratives Lernen umfasst dabei sowohl einfache Gruppenarbeiten als auch umfangreichere Projekte, die sich über längere Zeiträume erstrecken (Chi et al., 2014; Nölte, 2022). Der Einsatz von kollaborativen Aufgaben erfordert mehr Fähigkeiten der Lernenden. Daher müssen Lehrende eine genaue Einschätzung der Lernenden vornehmen, sie für die kollaborative Bearbeitungsart sensibilisieren und die Unterstützung auf dem Weg zu selbständiger Kollaboration anpassen. In jedem Falle ist eine Sicherung der Arbeitsergebnisse der Lernenden zu gewährleisten (Nölte, 2022). Die kollaborativen Lernmethoden bieten ein großes Potenzial, dabei reicht auch die Arbeit mit einfachen Mitteln wie digitalen Dokumenten, z. B. GoogleDocs oder Mindmaps. Digitale Lernumgebungen bieten ein gutes Setting für kollaboratives Bearbeiten von Aufgaben, da sie traditionelle Gruppenarbeiten ablösen und zur Schaffung einer neuen Struktur führen. Im anschließenden Kapitel werden digitale Lernumgebungen, insbesondere in Bezug auf kollaborative Arbeit, genauer betrachtet.

2 Entwicklung der digitalen Lernumgebung

Eine digitale Lernumgebung für das kollaborative Lösen komplexer Aufgaben wie z. B. das selbstständige Erstellen von Reaktionsmechanismen unter Anwendung unterschiedlicher Konzepte wie z. B. das Konzept der Nukleophilie und Elektrophilie muss insgesamt eine Balance zwischen fachlicher Tiefe und einer lernenden freundlichen Bedienbarkeit finden. Dazu ist es erforderlich, regelmäßige Evaluationen und kontinuierlich Zwischenfeedbacks der Studierenden innerhalb der Lehrveranstaltungen einzuholen, um die Lernumgebungen gegebenenfalls anpassen und die Bedürfnisse der Lernenden besser berücksichtigen zu können (Hermanns et al., 2023). Entscheidend ist die Schaffung eines Settings, das interaktive, adaptive und kollaborative Elemente vereint. Den Lernenden soll die Freiheit geschaffen werden, ihr Wissen selbstständig

zu konstruieren, während ihnen gleichzeitig eine unterstützende Struktur zur Verfügung gestellt wird. Um den Anforderungen moderner Lehrkonzepte gerecht zu werden, wird die Lernumgebung konform mit dem 4K-Modell (Schwerpunkt Kollaboration) gestaltet. Außerdem soll die Lernumgebung sich anhand des SAMR-Modells im Bereich der Transformation durch digitale Medien (Modification, Redefinition) (Hamilton et al., 2016) einordnen lassen.

Die Integration interaktiver Elemente in digitale Lernumgebungen, wie z. B. Verlinkungen zu weiteren Informationen oder abgestuften Hilfen, ist ein wesentlicher Aspekt, der maßgeblich zur Effektivität beiträgt. Hierbei ist es wichtig, die Inhalte so abzustimmen, dass sie den Bedürfnissen der Lernenden entsprechen und Überforderung oder negative Lernerfahrungen vermieden werden. Um die Lernumgebungen optimal für die Lehrveranstaltung nutzbar zu machen, müssen sie realistische chemische Problemstellungen enthalten. Dazu zählen Aufgaben wie die Analyse von Reaktionsmechanismen, die Planung von Synthesen oder die Visualisierung von Molekülstrukturen im Zusammenhang mit komplexen Aufgabenstellungen der organischen Chemie. Besonders wichtig ist es, dass die digitale Lernumgebung nicht nur Reaktionsmechanismen vorgibt, sondern auch die Möglichkeit schafft, dass Lernende Molekülstrukturen und Reaktionsmechanismen eigenständig zeichnen und konstruieren können. Dadurch wird nicht nur die Selbstständigkeit gefördert, sondern auch die Fähigkeit, fachliche Inhalte eigenständig zu reflektieren und anzuwenden (Graulich et al., 2021). Eine weitere entscheidende Anforderung an digitale Lernumgebungen ist die Bereitstellung von Hintergrundinformationen. Diese Informationen müssen von den Lernenden eigenständig gefiltert und auf ihre Relevanz hin überprüft werden, um sie für die Bearbeitung der Aufgaben nutzen zu können. Dabei ist auf die fachliche Korrektheit und Relevanz der Informationen zu achten. Die Einbindung von Informationen aus gängigen Datenbanken wie Eigenschaften oder Spektren von Reagenzien können hierbei gewinnbringend sein. Durch die Bereitstellung differenzierter Aufgabenstellungen und die Nutzung von Scaffolding-Elementen wie Hinweisen oder Hilfestellungen auf unterschiedlichen Ebenen wird eine hohe Adaptierbarkeit der Lernumgebung gewährleistet (Keller et al., 2023). Diese Anpassungsfähigkeit zählt zu den größten Vorteilen digitaler Lernumgebungen im Vergleich zu analogen Settings.

Die Kernidee der digitalen Lernumgebung ist eine individuell steuerbare Benutzeroberfläche. Lernende sollen durch Interaktion in dieser Umgebung frei zwischen verschiedenen Ebenen navigieren können, die als Scaffolds dienen. Die Ebenen, auf denen Hilfestellungen gegeben werden, wurden im Vorfeld festgelegt: Mechanismus-Ebene, methodische Ebene, Spezifizierung der Aufgabenstellung und Hintergrundinformation. Für jede Ebene wurde ein entsprechendes Icon ausgewählt, ebenso wie für andere interaktive Elemente, zum Beispiel das Zurückkehren zur Aufgabenstellung, die Weiterleitung zur nächsten Abstufung einer Ebene, das Zurückgelangen zu vorherigen Abstufungen und das Anzeigen von Hinweisen, die nicht explizit als Ebene definiert wurden. Abbildung 1 zeigt die Menü-Übersicht der Icons mit der entsprechenden Erläuterung.

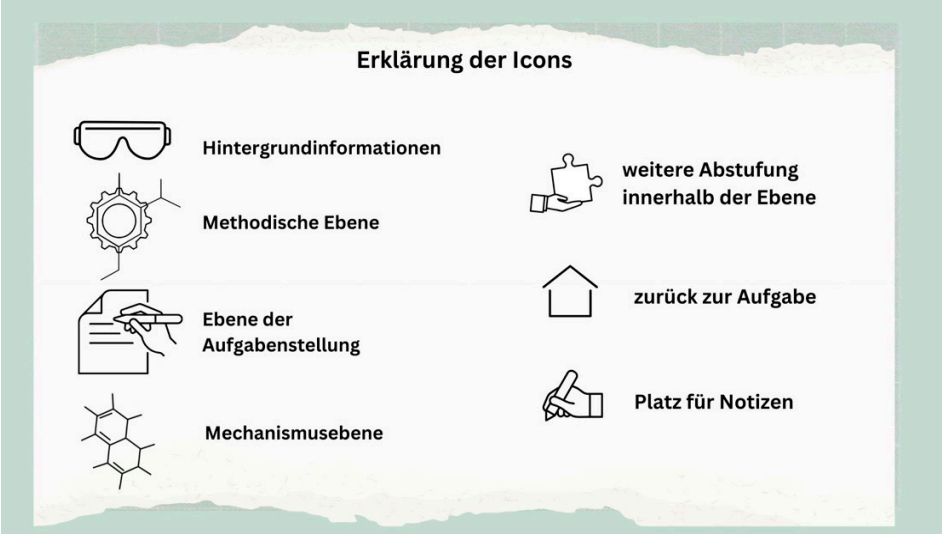


Abbildung 1: Die Icons der digitalen Lernumgebung

Die Benutzeroberfläche der digitalen Lernumgebung beinhaltet neben den vier Icons für die Ebenen, auf denen die Studierenden frei navigieren können, auch den Kontext der Aufgabenstellung. Hierbei wird die komplexe Aufgabenstellung nur grob formuliert, sodass die Herausforderung für die Lernenden besteht, alle einzelnen Aspekte, die für die Lösung der Aufgabenstellung erfasst werden müssen, zu bedenken. Ein Aspekt des Designs ist auch die Authentizität der Aufgabe, da diese die Relevanz für die Lernenden erhöht und ihre intrinsische Motivation fördern soll. Die Komplexität entsteht durch die Integration mehrerer chemischer Konzepte, zum Beispiel funktioneller Gruppen, Reaktionsmechanismen oder Stereochemie, wobei die Studierenden für sie unbekannte Mechanismen selbstständig entwickeln müssen. Die Lernumgebung bietet Aufgaben, die zur Diskussion und Zusammenarbeit anregen, etwa die Analyse von Synthesewegen oder die Bewertung mesomerer und induktiver Effekte sowie deren Einfluss auf andere Reagenzien. Dies erfordert einen stetigen Austausch und einen Wissenskonstruktionsprozess.

Geschaffen wird diese Kollaborationsmöglichkeit durch die Überschreibung individueller Bearbeitungsstände innerhalb einer gemeinsamen Google-Drive-Datei. Die Datei kann von mehreren Studierenden gleichzeitig bearbeitet werden, wobei jeweils die Lösungsansätze und Ideen der Mitstudierenden erscheinen. Auch offline, ohne Synchronisationsmöglichkeit, kann durch die gleichen Aufgabenstellungen ein Austausch erfolgen. Innerhalb der digitalen Lernumgebung können die Studierenden Reaktionsmechanismen einzeichnen, Reaktionsschemata visualisieren und mesomere Grenzformeln aufstellen oder analysieren. Diese aktive Einbindung unterstützt erneut die Verknüpfung von Theorie und Anwendung. Insgesamt kombiniert die digitale Lernumgebung interaktive und kollaborative Elemente, die ein tiefes Verständnis chemischer Konzepte fördern. Sie bietet Freiraum für eigenständiges Arbeiten, gezielte Unterstützung und die Bewältigung komplexer Aufgabenstellungen. Durch die Ver-

bindung fachlicher Tiefe, technischen Designs und einer durchdachten didaktischen Struktur stellt sie einen Prototyp für ein effektives Werkzeug zur Förderung des kollaborativen Lernens dar.

3 Evaluation der digitalen Lernumgebung

Insgesamt drei digitale Lernumgebungen zu drei unterschiedlichen Aufgaben zur „Lehrveranstaltung zur Organischen Chemie 1 für Lehramtsstudierende" wurden durch Studierende (N = 18 bzw. 12 im 3. Bachelorsemester und N = 12 im ersten Mastersemester), beides für Lehramtsstudierende sowie Lehrende aus dem Institut für Chemie (N = 5) getestet und evaluiert. Für die Evaluation wurde ein Fragebogen mit geschlossenen und offenen Items verwendet. Die folgenden Aspekte wurden evaluiert: Eignung der digitalen Lernumgebungen für den Einsatz in der Lehrveranstaltung, Strukturierung und Verständlichkeit der Aufgabenstellungen und Ebenen, Design, Wahl der Icons sowie deren Funktion, Auswahl und Umfang der Hintergrundinformationen, logische Abstufung der Ebenen, Eignung zur Vorbereitung auf die Klausur sowie zur Erreichung der Lernziele in der Lehrveranstaltung, Einschätzungen zum Schwierigkeitsgrad und zur spezifischen Eignung für Lehramtsstudierende. Zur Weiterentwicklung des Formats wurde Feedback zu hilfreichen Aspekten der Lernumgebung, Verbesserungsvorschläge und Kritik sowie weitere Anregungen eingeholt. Die wichtigsten Ergebnisse aus den Befragungen der Studierenden werden im Folgenden dargestellt. Die Abfrage zur Eignung des Konzepts für den Einsatz in der Lehrveranstaltung ergab, dass 23 Studierende (53,49 %) eine hohe, 12 Studierende (27,91 %) eine ausreichende und 7 Studierende (16,28 %) eine geringe Eignung einschätzten. Eine Person sprach sich gegen die Eignung aus. Bei den Lehrenden bewerteten 40 % (2 Personen) die Eignung als sehr hoch und 60 % (3 Personen) als ausreichend hoch. Die Strukturierung der Aufgabenstellungen wurde von den Studierenden zu 20,93 % (9 Personen) als sehr strukturiert und zu 55,81 % (24 Personen) als eher strukturiert eingeschätzt. 18,6 % (8 Personen) empfanden die Aufgabenstellungen als weniger strukturiert und 4,65 % (2 Personen) beurteilten sie als gänzlich unstrukturiert.

Von insgesamt 33 Studierenden gaben 14 (32,56 %) an, dass die Aufgabenstellungen und Ebenen sehr klar formuliert seien, während 19 (44,19 %) sie als eher klar empfanden. 10 Studierende (23,26 %) stuften die Formulierungen als eher unklar ein. Insgesamt lässt sich ableiten, dass das Konzept der digitalen Lernumgebung für die kollaborative Lösung komplexer Aufgaben als geeignet bewertet wird. Die Mehrheit der Studierenden empfand die Aufgabenstellungen als sehr bis eher strukturiert, während auch die Klarheit der Formulierungen ähnlich positiv eingeschätzt wurde. Im offenen Aufgabenformat wurden vereinzelte Verbesserungsvorschläge zu den Formulierungen gemacht. Dies umfasste die Korrektur von drei Rechtschreibfehlern sowie die Optimierung der Operationalisierung von Abstufungen. Das Design der digitalen Lernumgebung wurde von den Studierenden überwiegend gelobt und als besonders ansprechend empfunden. Auch die Verständlichkeit der Icons sowie die Navigation innerhalb der Lernumgebung erhielten positive Bewertungen, wobei nur

wenige Anmerkungen gemacht wurden. Einige Studierende forderten eine Anleitung für die Icons, die auch erstellt wurde. Diese erläutert die Navigation, die Bedeutung der Icons und gibt weitere Hinweise zur Nutzung. Gleichzeitig wurden die Weiterleitung der Icons, die Reihenfolge der Abstufungen sowie die Wahl der Icons überarbeitet. Abschließend ist festzuhalten, dass das Konzept der digitalen Lernumgebung überwiegend positiv bewertet wird. Die Rückmeldungen verdeutlichen, dass es als gut strukturiert, verständlich und lernzielorientiert wahrgenommen wird. Der Einsatz in lehramtsspezifischen Veranstaltungen wird ausdrücklich empfohlen, da sowohl die Funktionalität als auch die Passung zur Zielgruppe und den Lehrzielen bestätigt wurden.

Literatur

Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educ. Psychol.*, *49*(4), 219–243. https://doi.org.10.1080/00461520.2014.965824

Graulich, N. & Caspari, I. (2021). Designing a scaffold for mechanistic reasoning in organic chemistry. *Chem. Teach. Int., 3*(1), 19–30. https://doi.org.10.1515/cti-2020-0001.

Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcaoglu, M. (2016). The substitution augmentation modifications redefinition (SAMR) model: a critical review and suggestions forists use. *TechTrends*, *60*(5), 433–411. https://doi.org.10.1007/s11528-016-0091-y.

Hermanns, J., Bresler, A. & Kunold, H. (2023) Students' learning and application of basic concepts in the course „Organic Chemistry I for preservice chemistry teachers". *J. Chem. Educ. 100* (11), 4249–4260. https://doi.org.10.1021/acs.jchemed.3c00108.

Keller, D. & Hermanns, J. (2023). The digital task navigator as a scaffold for supporting higher education students while solving tasks in organic chemistry. *J. Chem. Educ. 100* (10), 3818–3824. https://doi.org.10.1021/acs.jchemed.2c00518.

Konrad, K. (2014). *Lernen lernen – allein und mit anderen: Konzepte, Lösungen Beispiele.* Springer Fachmedien.

Lenz, L., Plumanns, K., Groß, K., Schuster, K., Jeschnke, S. & Richter, A. (2016). Social familiarity in virtual learning environments – and emprical approach on engineering students' interaction in collaborative minecraft scenarios. *ASEE Annual Conference & exposition proceedings*, 123.

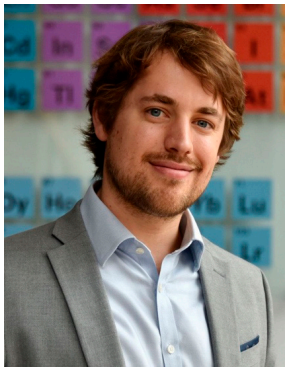
Nölte, B. (2022). *Upgrade: kollaboratives lernen: sehen – fördern – bewerten*. Klett Kallmeyer.

Keywords: Kollaboratives Arbeiten, Organische Chemie, digitale Lernumgebung, Scaffolding

Die Herausgeber



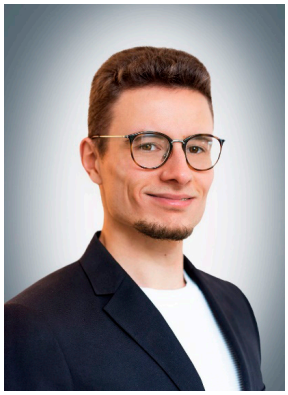
Johannes Huwer ist Inhaber des Brückenlehrstuhls für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz (Germany) und der PH Thurgau (Switzerland). Er forscht seit einigen Jahren in den Bereichen der Digitalisierung und der Nachhaltigkeitsbildung in Science Education. Im Bereich der Digitalisierung besteht ein besonderes Forschungsinteresse am Lernen mit und über Zukunftstechnologien (insbesondere Künstliche Intelligenz, Spatial- und immersive Mixed Reality Technologies). Im Bereich der Professionalisierungsforschung von Lehrkräften liegt der Schwerpunkt auf der Förderung von Kompetenzen im Umgang mit digitaler Technologie, wie z. B. Künstlicher Intelligenz, AR oder digitaler Datenverarbeitung (DiKoLAN KI/DPACK).



Timm Wilke promovierte 2017 an der Universität Göttingen mit Gastaufenthalten am Florida Institute of Technology und am IPN in Kiel. Nach (Gast-)Professuren an den Universitäten Braunschweig (2016–2020), Graz (2019), Jena (2020–2023) und paralleler Unterrichtstätigkeit an einem Gymnasium ist er seit 2023 Niedersachsen-Profil-Professor für Didaktik der Chemie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Seine Schwerpunkte in der Forschung sind die fachdidaktische Erschließung aktueller Themenfelder für Schule und Schülerlabor sowie die Erschließung des Potenzials von Künstlicher Intelligenz für verschiedene Facetten des Chemieunterrichts und für Lehr-Lern-Labore.



Amitabh Banerji ist Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Potsdam. Von 2014 bis 2019 war er Juniorprofessor für Chemiedidaktik an der Universität zu Köln. Er studierte Chemie und Informatik für das gymnasiale Lehramt und promovierte nach dem Referendariat an der Universität Wuppertal. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Curriculare Innovationsforschung mit Schwerpunkt auf Halbleiter- und Zukunftstechnologien sowie die Erforschung des Potenzials von Digitalen Technologien für die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Kompetenzen.



Stefan Müller ist seit 2023 Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Koblenz. Nach dem Studium der Fächer Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen an der Universität zu Köln absolvierte er sein Referendariat an der Bertha-von-Suttner-Gesamtschule in Dormagen und promovierte anschließend am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln. Seine Forschungsschwerpunkte liegen insbesondere in der Entwicklung und Evaluation digitaler sowie KI-unterstützter Lernumgebungen für den Chemieunterricht und Schülerlabortage sowie in der Untersuchung von Vorstellungen Lernender und Lehrender zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen.

Die Autor*innen

Julia Albicker (ORCiD: 0000-0002-1757-9050)
Prof. Dr. Sebastian Becker-Genschow (ORCiD: 0000-0002-2461-0992)
Prof. Dr. Claudia Bohrmann-Linde (ORCiD: 0000-0002-6013-2801)
Mathea Brückner (ORCiD: 0009-0008-7359-4942)
Dr. Nils Fitting (ORCiD: 0000-0002-5995-0823)
PD Dr. Jolanda Hermanns (ORCiD: 0000-0001-7422-6350)
Prof. Dr. Johannes Huwer (ORCiD: 0000-0002-4271-7822)
Anne Carolin Koß
Erik Kremser (ORCiD: 0000-0003-1374-9937)
Julia Lademann (ORCiD: 0009-0009-3033-4021)
Nikolai Maurer (ORCiD: 0009-0000-3782-6592)
Philipp Pawels (ORCiD: 0009-0005-9559-1126)
Cilia Rücker (ORCiD: 0009-0002-3673-0745)
Timon Saatzer (ORCiD: 0009-0005-9024-0650)
Lisa Schnödewind
Prof. Dr. Johann-Nikolaus Seibert (ORCiD: 0000-0002-5967-489X)
Maja Stützer (ORCiD: 0009-0002-2545-7923)
Dr. Sabrina Syskowski (ORCiD: 0000-0002-0448-4220)
Prof. Dr. Christoph Thyssen (ORCiD: 0000-0002-1829-5682)
Prof. Dr. Miriam Unterlass (ORCiD: 0000-0003-0494-7384)
Dipl.-Soz. Päd. Markus Weber (ORCiD: 0000-0002-2888-6427)
Dr. Diana Zeller
Lisa Zöllner