

Lehrkräftebildung neu gedacht

*Ein Praxishandbuch für die Lehre in den
Naturwissenschaften und deren Didaktiken*

Marcus Kubsch, Stefan Sorge,
Julia Arnold & Nicole Graulich (Hrsg.)



WAXMANN

Marcus Kubsch, Stefan Sorge,
Julia Arnold & Nicole Graulich (Hrsg.)

Lehrkräftebildung neu gedacht

Ein Praxishandbuch für die Lehre
in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken



Waxmann 2021
Münster • New York

Gefördert durch die Joachim Herz Stiftung und den
Publikationsfonds für Monografien der Leibniz-Gemeinschaft.

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

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

Print-ISBN 978-3-8309-4349-5

E-Book-ISBN 978-3-8309-9349-0

<https://doi.org/10.31244/9783830993490>

Das E-Book ist unter der Lizenz CC BY-NC-SA open access verfügbar.

© Waxmann Verlag GmbH, 2021

Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com

info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Selina Schnetger, IPN

Satz: MTS. Satz & Layout, Münster

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier,
säurefrei gemäß ISO 9706



Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des
Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

Lehrkräftebildung neu gedacht	9
<i>Marcus Kubsch, Stefan Sorge, Julia Arnold & Nicole Graulich</i>	

Teil I – Kompetenzen innovativ vermitteln

„Design Thinking meets Didactics“ – Fachdidaktische Ausbildung Chemie	13
<i>Hans-Dieter Körner & Andreas Belthle</i>	

Einführung in Grundlagen der Forschungsmethodik in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrkräftebildung – Eine fachübergreifende Neuausrichtung im Sinne eines Flipped-Classroom-Konzepts	19
<i>Sarah Hundertmark, Benedikt Heuckmann & Julian Heeg</i>	

Lehrkräftebildung an der Hochschule konstruktivistisch gestalten – Lehr-Lern-Prinzipien, -Modelle und -Settings zu Lernen mittels Konzeptwechsel, Problembasiertem und Situiertem Lernen	29
<i>Finja Grospietsch, Isabelle Lins, Katharina Gimbel & Monique Meier</i>	

Kompetenzorientierte Lehre in physikdidaktischen Lehrveranstaltungen nach dem Inverted-Classroom-Ansatz	40
<i>Martin Schwichow</i>	

Ein digitales Seminarkonzept zur kooperativen und differenzierten Gestaltung von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht	45
<i>Vanessa Seremet, Katharina Gierl, Jaar Boskany, Robin Schildknecht, Alexander Kauertz, Sandra Nitz & Andreas Nehring</i>	

MINTegration – Projektunterricht mit Geflüchteten	54
<i>Martin Lindner, Teresa Fritsch, Jette Lippmann</i>	

Diagnostizieren, Fördern, Tutorieren – Ein Seminarkonzept zur Anwendung fachdidaktischer Methoden in Kooperation mit chemischen Fachmodulen	62
<i>Leonie Lieber, Julia Ortmann, Ira Caspari & Nicole Graulich</i>	

Historische Experimente in die Lehrkräftebildung integrieren	72
<i>Michelle Mercier & Peter Heering</i>	

Aktuelle molekularbiologische Themen in der Schule vermitteln lernen – Verzahnung von Professionswissen und explizite Thematisierung von NoS/NoSI	82
<i>Janne-Marie Bothor, Monique Meier, Katharina Gimbel & Kathrin Ziepprecht</i>	

Die kopernikanische Wende als Anlass zur expliziten Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften im Astronomieunterricht	92
<i>Inka Haak, Jens Klinghammer, Olaf Krey & Thorid Rabe</i>	

„Das brauche ich nie mehr in der Schule“ – Integrationsmodul Analytische Chemie ...	97
<i>Markus Emden, Hans-Dieter Körner & Matthias Scholz</i>	

Innovative Kooperation mit Forschungsabteilungen aus Physik und Technik für das Lehramtsstudium – Kontextualisiertes Lernen anhand aktueller Forschungsprojekte	102
<i>Andrea Maria Schmid, Markus Rehm & Dorothee Brovelli</i>	

Forschung trifft Schule – Chemie-Labothek als innovatives, vernetzendes Format ..	108
<i>Claudia Bohrmann-Linde, Nico Meuter, Richard Kremer, Nuno Pereira Vaz & Julian Venzlaff</i>	

Lehr-Lern-Labor BinEx – Konzeption eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zum binnendifferenzierenden Experimentieren	113
<i>Anita Stender</i>	

Teil II – Fokus: Planung und Reflexion von Unterricht

Zur softwaregestützten Förderung der unterrichtlichen Planungskompetenz in Schulpraktika – das Onlinetool „DU – Digitales Unterrichtscoaching“	121
<i>Daniel Scholl, Simon Küth, Björn Schwarz, Hannah Lathan, Petra Wolters & Christoph Schüle</i>	

Kontrastieren und Vergleichen mit Videovignetten – Konzeption einer Diagnose-Übungseinheit für Biologielehramtsstudierende	126
<i>Daniel Horn & Monique Meier</i>	

Fachspezifisches Classroom Management beobachten – Videovignetten als digitale Lehr-Lern-Tools	131
<i>Tobias Denecke, Dagmar Hilfert-Rüppell & Kerstin Höner</i>	

Videobasierte Kompetenzentwicklungskette in fachdidaktischen Praktika und Seminaren – Von der Videographie mit Live-Feedback zur kollaborativen Videoanalyse	136
<i>Christoph Thyssen & Arash Tolou</i>	

Sachcomicgestaltung mit der Paper-Cut-Out-Technik im Lehramt der Naturwissenschaften	145
<i>Markus Precht</i>	

Förderung angehender Lehrkräfte im Umgang mit Evidenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht	150
<i>Pascal Pollmeier & Sabine Fechner</i>	

Wie adaptiert man Unterrichtskonzepte erfolgreich? Ein Beispiel anhand von Inquiry into Radioactivity für den Einsatz in Gymnasien ...	155
<i>Michael M. Hull & Andy Johnson</i>	

ReFeed: computerunterstütztes Feedback zu Reflexionstexten – Ein Lehrkonzept zur Förderung der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte an der Universität Potsdam	160
<i>Lukas Mientus, Peter Wulff, Anna Nowak & Andreas Borowski</i>	

Biologieunterricht in Blogs kompetenzorientiert reflektieren – Verfassen von Mikroartikeln im Praxissemester	166
<i>Leroy Großmann & Stefan H. Nessler</i>	

„Oh Gott, was mach’ ich jetzt? Unerwartete Unterrichtssituationen reflektieren und bewältigen – ein Lehr-Lern-Labor-Format	176
<i>Annette Marohn & Yvonne Rath</i>	

Selbst entwickeln oder die Umsetzung reflektieren? Ansätze zur Ausgestaltung von Lehr-Lern-Laboren im Vergleich	186
<i>Sabrina Syskowski, Stefan Sorge, Karsten Rincke, Tim Boshuis & Carina Wöhlke</i>	

Teil III – Medien gewinnbringend einsetzen und entwickeln

SageModeler: eine digitale Lernumgebung zur Förderung von Modellierungskompetenz	199
<i>Tom Bielik & Moritz Krell</i>	

Social-Media-Diskurskarten zur Förderung der Argumentations- und Diskursfähigkeit in naturwissenschaftlichen Kontexten nutzen	203
<i>Alexander Bergmann, Anna Beniermann & Alexander Büssing</i>	
Professionsverantwortung in der Klimakrise: Klimawandel unterrichten – Befähigung Lehramtsstudierender zur Klimabildung als wichtiger Beitrag zum Erreichen der SDGs	208
<i>Andrea Möller, Johanna Kranz, Agnes Pürstinger & Veronika Winter</i>	
Digitale Medien selbst gemacht – AppLaus – ein Kooperationsprojekt zwischen Biologie- und Informatikdidaktik	218
<i>Daniela Mahler, Andreas Mühling & Julia Arnold</i>	
Studierende erstellen interaktive Experimentiervideos	223
<i>Lion Cornelius Glatz, Roger Erb & Albert Teichrew</i>	
Studierende als Experten für den Einsatz von digitalen Medien im Chemieunterricht	228
<i>Hanne Rautenstrauch & Maike Busker</i>	
Einsatz von Augmented Reality – Phasenvernetzt und praxisorientiert vermittelt ..	237
<i>Mareike Freese, Jan Winkelmann, Mark Ullrich, Albert Teichrew & Roger Erb</i>	
Chemiedidaktik trifft Mediendesign – Anwendung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen	243
<i>Stefanie Herzog, Ilka Parchmann, Silke Rönnebeck & Roman Adler</i>	
Mit interdisziplinärer Teamarbeit und digitalen Medien zum sprachbewussten Unterricht	248
<i>Monika Angela Budde & Maike Busker</i>	
Lehramtsausbildung Physik 2.0 (LaP 2.0) – Implementierung digitaler Lerninhalte	258
<i>Jasmin Andersen, Dietmar Block, Irene Neumann & Knut Neumann</i>	
Autorinnen und Autoren	263
Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung und ist zu den einzelnen Beiträgen zusätzlich über QR-Codes abrufbar.	

Lehrkräftebildung neu gedacht

An deutschsprachigen Hochschulen fördern engagierte Lehrende mit großem Einsatz und unter Verwendung innovativer Ansätze ihre Studierenden in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken in deren persönlicher Entwicklung. Ein Austausch über die Lehrkonzepte – auch über Standortgrenzen hinweg – findet dabei leider nur selten statt. Dies erschwert es, die Lehrpraxis sukzessive und standortübergreifend weiterzuentwickeln, von erprobten Konzepten zu profitieren und bindet Ressourcen für Innovation und Weiterentwicklung im sprichwörtlichen Neuerfinden des Rades.

Dem möchten wir mit dem Buch „Lehrkräftebildung neu gedacht“ begegnen und einen Impuls zum Austausch und zum Diskurs geben. Insgesamt 35 Beiträge aus den Fachdidaktiken der Chemie, Biologie, Physik und Naturwissenschaften geben einen beeindruckenden Überblick über das Spektrum von innovativen Lehrformaten im Lehramt an 32 verschiedenen Hochschulstandorten in Deutschland, Österreich und der Schweiz (Abbildung 1).

Die Beiträge lassen sich dabei thematisch in drei Abschnitte gliedern. Im ersten Abschnitt steht die Vermittlung einzelner Aspekte professioneller Kompetenz durch innovative Formate und Themen im Vordergrund. Hier reicht das Spektrum der Beiträge vom Einsatz des Design Thinking über die Chancen und Herausforderungen

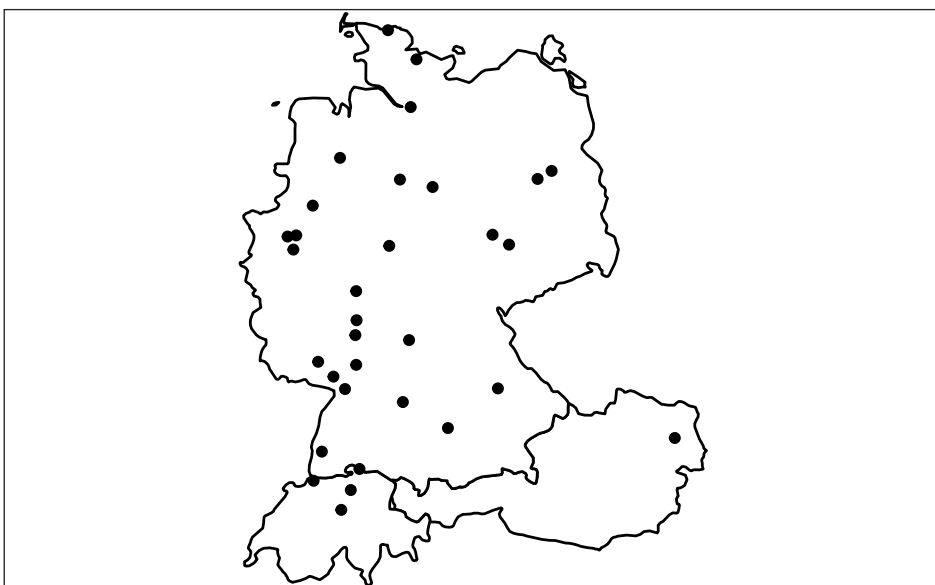


Abb. 1: Mit Beiträgen vertretene Hochschulstandorte.

des Flipped Classroom bis hin zur Thematisierung des Sprachbewusstseins bei der Arbeit mit Geflüchteten. Im zweiten thematischen Abschnitt wird auf die Planung und Reflexion von Unterricht fokussiert. Neben der Vorstellung konkreter Tools wie spezifischer Softwarelösungen sowie weiterer innovativer Medien wie Comics und Blogs zur Unterstützung des Planungsprozesses liegt ein Schwerpunkt auf dem lernförderlichen Einsatz von Videovignetten in der Reflexionsphase. Im dritten und letzten Abschnitt stehen die Medien im Vordergrund. Von Beiträgen über den gewinnbringenden Einsatz von Modellierungssoftware oder Augmented Reality bis hin zur eigenständigen Entwicklung von Medien, z. B. in Form von Apps, wird hier ein breites und an aktuellen Herausforderungen der Digitalisierung bemessenes Feld vorgestellt.

In allen drei Abschnitten finden sich Beiträge im Lang- oder Kurzformat. Kurzbeiträge fokussieren stärker auf einzelne Innovationen, während Langbeiträge ganze Konzeptionen von Lehrveranstaltungen beschreiben. Unabhängig vom Format steht zu vielen Beiträgen umfangreiches Zusatzmaterial, z. B. Seminarpläne, Arbeitsblätter und Hintergrundinformationen, auf der Website zum Buch unter <https://www.waxmann.com/buch4349> zur Verfügung.

Abschließend möchten wir unseren Dank der Joachim Herz Stiftung sowie dem Open-Access-Publikationsfonds für Monografien der Leibniz Gemeinschaft für die großzügige Unterstützung bei der Finanzierung dieses Buchprojektes aussprechen. Weiterhin möchten wir den vielen Einsenderinnen und Einsendern von Beitragsvorschlägen für ihre Mühen und die häufig beigefügten ermutigenden Kommentare danken, welche die Umsetzung des Buchprojektes wesentlich vorangetrieben haben. Schließlich möchten wir noch allen Autorinnen und Autoren danken. Nicht nur, weil ohne ihre Beiträge und Reviews dieses Buch nicht möglich gewesen wäre, sondern auch weil sie eine sehr angenehme und reibungslose Zusammenarbeit über Standort-, Landes- und Fachgrenzen hinweg ermöglicht haben.

Wir hoffen, dass dieses Praxishandbuch Lehrende in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken an Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz anregt, Konzepte auszuprobieren, zu adaptieren und weiterzuentwickeln, um angehende Lehrkräfte auf die Chancen und Herausforderungen in der Schule im 21. Jahrhundert vorzubereiten.

Die Herausgebenden

Marcus Kubsch, Stefan Sorge, Julia Arnold & Nicole Graulich

Teil I

Kompetenzen innovativ vermitteln

„Design Thinking meets Didactics“

Fachdidaktische Ausbildung Chemie

Hans-Dieter Körner & Andreas Belthle

In der Lehramtsausbildung wird zunehmend gefordert, dass Studierende aller Fächer im Rahmen der fachdidaktischen Ausbildung mit innovativen, technologiebasierten und digitalen Erfahrungswelten vertraut werden und Eindrücke davon bekommen, wie reale und virtuelle Lehr-Lern-Welten miteinander kombiniert werden können (Zinn, 2019). Dabei sollen sie Ideen generieren, wie die Auseinandersetzung mit fachspezifischen Sachverhalten durch den Einsatz digitaler Elemente befördert werden kann und sie sollen interaktiv in diesbezügliche Lehr-Lern-Settings eingebunden werden (vgl. u. a. Bertelsmannstiftung, 2018; KMK, 2016; Tenberg, 2020; Seufert et al., 2018; van Ackeren et al., 2019).

Konkretes Ziel der Veranstaltung ‚Design Thinking meets Didactics‘ ist die Entwicklung von Innovationen im Bildungsbereich unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der Digitalisierung. Dazu durchlaufen die Lehramtsstudierenden einen Design Thinking Prozess, welcher zum Experimentieren mit neuen Technologien einlädt, Methoden zur Untersuchung der Zielgruppe anbietet und aufzeigt, wie Ideen in einfachen Prototypen erlebbar gemacht werden können.

1. Design Thinking

Design Thinking ist ein iterativer Prozess, in dem einerseits Methoden zur Identifikation von Problemen und Chancen durch die Analyse von Vorgängen, Lebenswelten und Zusammenhängen angewandt und andererseits inkrementell Lösungen unter Einbeziehung relevanter Stakeholder entwickelt werden (vgl. Uebernickel et al., 2015). Es ist ein Verfahren, das überall dort unterstützen kann, wo durch inter- bzw. transdisziplinäre Kooperation bewusst Zukunft gestaltet werden soll.

Der in Abbildung 1 dargestellte vierphasige Prozess wird vom British Design Council vereinfacht als ‚Double-Diamond‘-Modell ausgewiesen (vgl. British Design Council, 2007). Um dem iterativen Charakter des Prozesses gerecht zu werden, ist er als zyklisch zu betrachten, wobei bedarfsorientiert in jede beliebige Phase gewechselt werden kann.

2. Design Thinking meets Didactics

Lernende als Produktnutzende zu betrachten, stellt eine besondere Sichtweise auf Lern-Prozesse dar. Der Blick wendet sich von der fachorientierten Entwicklung eines

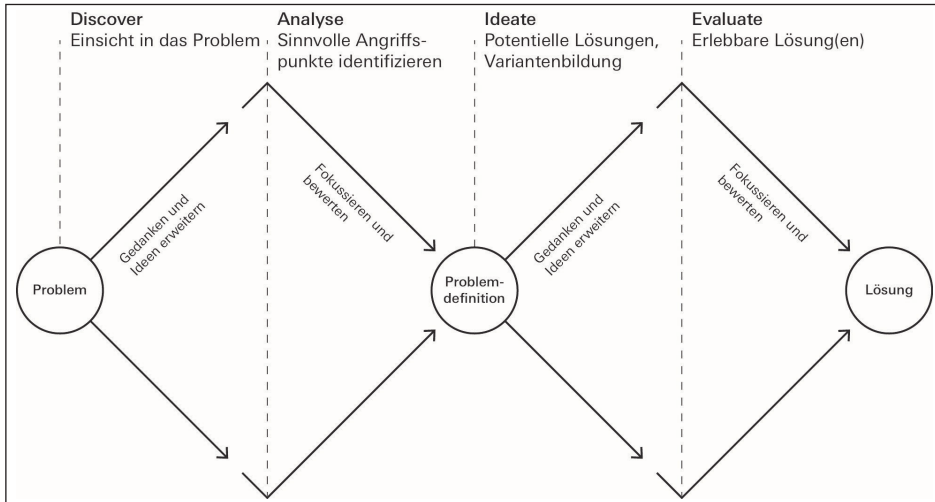


Abb. 1: Double Diamond (eigene Darstellung nach British Design Council)

Lernangebots hin zur bedarfsorientierten Gestaltung eines Produktes, das sich an den Anforderungen des Nutzenden orientiert. Dazu werden in der Veranstaltung in unterschiedlichen bildungsaffinen Szenarien spezifische Interessen und Probleme der Anwendenden identifiziert, um neue ‚Bildungsprodukte‘ an deren Bedarfen auszurichten, wobei auch Produkte für Lehrkräfte in den Blick genommen wurden. Daher ist zu bedauern, dass Design-Thinking-Prozesse bislang kaum im Bildungsbereich Einzug gehalten haben, weder zur Planung oder zum Einsatz im Unterricht noch zur Entwicklung von unterstützenden Tools, obgleich es einzelne Ansätze dazu gibt (vgl. Krüger, 2018).

3. Veranstaltungsstruktur

Es ist von Vorteil, die Veranstaltung im Workshop-Format anzubieten, da mehrere der zu durchlaufenden Phasen eines umfangreicheren Zeitbudgets bedürfen. Abbildung 2 bietet einen Überblick über den Verlauf im Rahmen des Workshops.

3.1 Warmup

Zum Einstieg eignet sich eine kreative Problemlöseaufgabe, z. B. eine Marshmallow-Challenge, die einerseits zur Teambildung anregt und praktisch erlebbar macht, wie bedeutsam es ist, eine Aufgabe in Form eines iterativen Zyklus von gedanklicher Kreation, praktischer Ausführung, Testung, Bewertung und Modifikation zu bearbeiten, um zu einem optimalen Arbeitsergebnis zu gelangen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, einen Überblick über die verschiedenen Design-Thinking-Phasen zu geben und den Studierenden aufzuzeigen, wie unterschiedlich

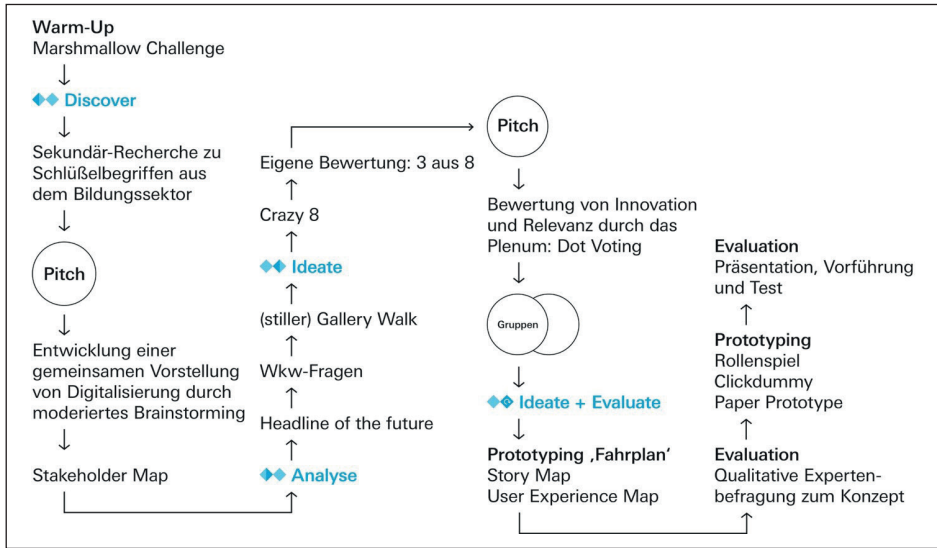


Abb. 2: Ablauf der Veranstaltung für die Lehramtsstudierenden (eigene Darstellung)

Prototypen im Zuge der Entwicklung einer Produktidee gestaltet sein können und vor allem, welche Funktion sie im Rahmen der Produktentwicklung übernehmen.

3.2 Discover

Um schnell eine Verbindung von interessanten Bildungsaspekten und der eigentlichen Aufgabe, der Entwicklung einer digitalen Innovation herstellen zu können, ist es sinnvoll, dass die Studierenden sich im Vorfeld in verschiedene aktuelle Themen der Fachdidaktik einarbeiten und diese mediengestützt zur Diskussion stellen. Als ergiebige Themen können ‚Nature of Science‘; ‚Citizen Science‘; ‚(Mobile) Seamless Learning‘ oder ‚Bildung für nachhaltige Entwicklung‘ empfohlen werden. Im Anschluss findet ein moderiertes Brainstorming im Plenum statt, das Möglichkeiten, Hemmnisse und auch Gefahren durch zunehmende Digitalisierung in Gesellschaft und Schule thematisiert. Zudem werden bereits hier zentrale Stakeholder in den Blick genommen und ggf. Befragungen initiiert.

3.3 Analyse

Mit diesen Eindrücken werden im zweiten Schritt Handlungsfelder im Zusammenhang von Bildung und Schule identifiziert, von denen erwartet wird, dass sie unter Nutzung von digitalen Prozessen positiv verändert werden können. Dazu werden verschiedene Methoden eingesetzt (vgl. Uebernicket et al., 2015), die in Abbildung zwei

aufgeführt sind und in den Online-Materialien¹ näher erläutert werden. Hier wechseln sich Phasen des individuellen kreativen Arbeitens, des Austauschs in Gruppen und der Diskussion im Plenum ab.

3.4 Ideate

Mit Hilfe weiterer Kreativmethoden filtern zunächst alle Studierenden aus der Fülle ihrer eigenen Ideen diejenige, die sie dem Plenum in einem Pitch vorstellen. Das anschließende ‚Dot-Voting‘ bietet ein erstes Feedback, identifiziert die vielversprechendsten Entwürfe der Ideationsphase und ist Ausgangspunkt zur interessengeleiteten Gruppenbildung. In der Folge nehmen sich jeweils drei Studierende einer Problematik an und entwickeln dazu eine digital gestützte Problemlösung.

3.5 Evaluate

Die Kleingruppen arbeiten unter Verwendung verschiedener Tools und Techniken (vgl. Stickdorn et al., 2011; Patton, 2015) die Grundideen weiter aus und kreieren eine Vision, die sie in einen erlebbaren Prototypen übersetzen. In dieser Phase der Arbeit wechseln sich typischerweise häufig die Aktivitäten der Entwicklung und Partialevaluation ab. Erfolgversprechende Prototypen werden mit einzelnen Probanden und Probandinnen getestet und das Ergebnis zum Abschluss wird einem breiteren Fachforum zur Diskussion gestellt.

3.6 Beispiele für Prototypen

In bisherigen Veranstaltungen wurde beispielsweise die mangelnde Selbstreflexionskompetenz der Lernenden als Problem erkannt, worauf ein medial unterstütztes Tool entwickelt wurde, das sowohl andere Peers als auch die Lehrperson als Mentoren in den eigenen Reflexionsprozess integriert. Ein anderes Projekt widmete sich der häufig als gering wahrgenommenen Motivation der Lernenden, sich mit naturwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen und hat ein Exitgame kreiert, das formale und informale Bildung kombiniert und aus realen und virtuellen Features besteht, die in einem mobilen Lernarrangement ausgestaltet werden können.

Ein Eindruck der vielfältigen Projekte kann über die Homepage des ‚Aquarium‘ (Method and Research Learning Lab) der Hochschule für Gestaltung gewonnen werden (vgl. Aquarium, 2020).

¹ Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

4. Fazit

Die Methodik ist für die Lehramtsstudierenden vollkommen neu und wurde im Rahmen der Lehrveranstaltungsevaluation durchgehend als gewinnbringend bewertet, was einzelne Zitate belegen „*Den Prozess hin zu einer Innovation konnte ich mir vor der LV nicht vorstellen. Die LV hat mir einen guten Einblick geben können.*“; „*Ich habe nicht erwartet, dass es so explosive Ideenentwicklungen geben würde.*“ Einzelne Studierende haben bemängelt, dass die Fachanbindung je nach Projekt nicht zwingend hoch sein muss. Das kann durch eine Fokussierung der Aufgabenstellung gesteuert werden.

5. Weiterentwicklung des Konzepts

Die bisherige Lehrkooperation der PH Schwäbisch Gmünd und der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd wird in einem nächsten Schritt dahingehend erweitert, dass Designstudierende in den Entwicklungsprozess der Produktideen der Lehramtsstudierenden integriert werden. Ihre Arbeit schließt sich nach der Identifizierung vielversprechender Prototypen an. Dabei wird ein direkter Austausch der Überlegungen zwischen den Studiengruppen beider Professionen angestrebt, so dass Anstoß, Entwicklung und Evaluation von Produkten bis hin zur Serienreife optimal verzahnt werden.

6. Förderhinweis

Das Method and Research Learning Lab der HfG Schwäbisch Gmünd wird im Rahmen des ‚Fonds erfolgreich studieren in Baden Württemberg‘ vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst gefördert.

Literatur

- Aquarium (2020). *Design Research through Prototyping – Didactic Design*, verfügbar unter: <https://www.aquarium.digital/didactic-design>
- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2018). *Lehramtsstudium in der digitalen Welt – Professionelle Vorbereitung auf den Unterricht mit digitalen Medien?!* verfügbar unter: https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Monitor_Lehrerbildung_Broschuere_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt.pdf
- British Design Council (2007). *Eleven lessons: managing design in eleven global companies – Desk research report*. verfügbar unter: https://www.designcouncil.org.uk/sites/default/files/asset/document/ElevenLessons_DeskResearchReport_o.pdf
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*, Beschluss der Kultusministerkonferenz von Dezember 2016 in der Fassung vom 07.12.2017, verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Monitor_Lehrerbildung_Broschuere_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt.pdf

- Krüger, M. (2018). Design Thinking für berufsbildende Schulen? Annäherung an einen Innovationsansatz über dessen Erprobung in der Lehrerbildung. *Journal Of Technical Education*, 7(1), 147–162.
- Patton, J. (2015). *User Story Mapping. Die Technik für besseres Nutzerverständnis in der agilen Produktentwicklung*. O'Reilly Verlag GmbH & Co. KG, Heidelberg.
- Seufert, S., Guggemos, J. & Tarantini, E. (2018). Digitale Transformation in Schulen. Kompetenzanforderungen an Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 2018, 36, 175–193.
- Stickdorn, M. & Schneider, J. (2011). *This Is Service Design Thinking. Basics – Tools – Cases*. BIS Publishers, Amsterdam.
- Tenberg, R. (2020). Grundständige digitale Lehrpersonenbildung – nicht in Sicht. *Journal Of Technical Education*, 8(1), 16–32.
- Uebernickel, F. et al. (2015). *Design Thinking. Das Handbuch*. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.
- Van Ackeren, I. et al. (2019). Digitalisierung in der Lehrerbildung. Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. *DDS – Die Deutsche Schule*, 111(1), 103–119. <https://doi.org/10.31244/dds.2019.01.10>
- Zinn, B. (2019). Lehren und Lernen zwischen Realität und Virtualität. *Journal Of Technical Education*, 7(1), 16–31.

Zusatzmaterial: Design



Einführung in Grundlagen der Forschungsmethodik in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrkräftebildung

Eine fachübergreifende Neuausrichtung im Sinne eines Flipped-Classroom-Konzepts

Sarah Hundertmark, Benedikt Heuckmann & Julian Heeg

Seit Anfang der 2000er Jahre hält die Förderung forschungsmethodischer Kompetenzen Einzug in die bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Bildung von Lehrkräften an Hochschulen (Kultusministerkonferenz, 2019a; 2019b). Der professionelle Umgang mit Forschungsergebnissen und -methoden gewann nicht nur im Rahmen des forschenden Lernens flächendeckend an Bedeutung (z. B. im Praxissemester; Gresch et al., 2016), sondern spielte auch bei der (schul-)öffentlichen Diskussion um deren Nutzen im Alltag von (angehenden) Lehrkräften eine Rolle (Terhart, 2014). Gleichzeitig zeigen jedoch Studien, dass forschungsmethodische Kenntnisse (z. B. im Bereich der Statistik) bei Lehramtsstudierenden nur schwach ausgeprägt sind (Prinz et al., 2019) und dass Studierende mit der Forschungsmethodik nur eine geringe Relevanz für ihre spätere Berufspraxis verbinden (Humpert et al., 2006). Offen ist, wie den inhaltlichen und motivationalen Herausforderungen bei der Förderung forschungsmethodischer Kompetenzen in der fachdidaktischen Lehrkräftebildung begegnet werden kann.

Dieser Frage widmet sich der vorliegende Beitrag aus dem Blickwinkel der Naturwissenschaftsdidaktik, in der sich in den letzten drei Jahrzehnten eine domänenspezifische Forschungsmethodik entwickelt hat (Krüger et al., 2014). Vorgestellt wird ein fachübergreifendes Flipped-Classroom-Seminar zur Einführung in die Forschungsmethodik für Studierende der Biologie- und Chemiedidaktik an der Leibniz Universität Hannover. Mit der Umstellung eines vorher reinen Präsenzseminars auf ein Flipped-Classroom-Konzept sind drei übergeordnete Ziele verbunden:

- (1) Die Implementierung von E-Learning-Einheiten mit dem Ziel, die Präsenzphasen zu entlasten.
- (2) Die Erhöhung des Anteils selbstbestimmten Lernens durch die Notwendigkeit der individuellen Vorbereitung.
- (3) Die enge Verknüpfung von Theorie und Praxis durch die gezielte Einbindung von Übungsaufgaben in der Präsenzphase.

1. Die Vermittlung forschungsmethodischer Inhalte in der Lehrkräftebildung

Professionelles Handeln von Lehrkräften wird u.a. durch die Ausrichtung der Berufspraxis an aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen deutlich, wobei forschungsmethodische Kompetenzen eine reflexive Anpassung des beruflichen Handelns an eben jene Erkenntnisse begünstigen (Hummrich, 2019). Zur Umsetzung dessen sollten Lehrkräfte aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden verstehen, sie interpretieren und deren Güte kritisch bewerten können (*Wissensorientierung*; Prinz et al., 2019). Ferner sollten sie theoretische wie methodische Kenntnisse umsetzen, um z. B. ihren Unterricht systematisch erforschen zu können (*forschende Grundhaltung*, Soukup-Altrichter et al., 2012). Sie können so auf Basis forschungsmethodischer Erkenntnisse als *reflective practitioner* (Schön, 1983) Maßnahmen entwickeln und evaluieren. Vor diesem Hintergrund wird diskutiert, dass angehende Lehrkräfte neben fachlichem, pädagogischem und fachdidaktischem Wissen auch Kenntnisse aus dem Bereich der Forschungsmethodik erwerben sollten.

Die aktuelle Studienlage zum Stand der Vermittlung forschungsmethodischer Inhalte innerhalb der Lehrkräfte zeigt jedoch ein heterogenes und ausbaufähiges Bild (Baan et al., 2020). Es ist deutlich, dass die forschungsmethodische Bildung die Entwicklung einer kritisch-reflexiven Haltung gegenüber Forschungsergebnissen sowie eine stärkere Nutzung von Forschungsliteratur bei angehenden Lehrkräften begünstigt (z. B. Niemi & Nevgi, 2014). Für eine Nachhaltigkeit der Effekte scheinen das explizite Aufzeigen und die Nutzung von berufsrelevanten Bezügen und Beispielen bedeutsame Faktoren zu sein (van der Linden et al., 2012). Gleichwohl berichten Stelter und Miethe (2019), dass Studierende eben diese Berufsrelevanz in forschungsmethodischen Veranstaltungen nur selten erkennen.

2. Überlegungen zum Nutzen eines Flipped-Classroom-Konzeptes

Die Vermittlung forschungsmethodischer Themen in Präsenzseminaren ist erfahrungsgemäß anspruchsvoll. Theoretische Inhalte, die i.d.R. durch die Dozierenden aufbereitet und vermittelt werden, sind kompakt und umfassend (Prinz et al., 2019). Den Studierenden fällt es schwer, diese in zeitlich versetzten und praktischen Seminararbeiten anzuwenden. Eine Möglichkeit, bestehende Präsenzphasen von der Vermittlung theoretischer Inhalte zu entlasten und gleichzeitig effektiver für vertiefende Anwendungsphasen und Diskussionen zu nutzen, besteht in der Anwendung eines Flipped-Classroom-Konzeptes (Bergmann & Sams, 2012). Hiermit wird eine Vielzahl von Vorteilen assoziiert, wie z. B. ein erhöhter Lernerfolg, eine gesteigerte Motivation oder auch ein erhöhtes Autonomieerleben hinsichtlich des eigenen Lernprozesses (z. B. Akçayır & Akçayır, 2018).

2.1 Selbstreguliertes und selbstorganisiertes Lernen unterstützt durch ein Flipped-Classroom-Konzept

Durch die Auslagerung der Vermittlung theoretischer Grundlagen im Flipped-Classroom wird die Verantwortung für den eigenen Lernprozess und den Lernerfolg stärker in die Hände der Lernenden gelegt (Lai & Hwang, 2016). In diesem Zusammenhang werden Lehr-Lernkonzepte diskutiert, die durch das selbstorganisierte und selbst-regulierte Lernen zum aktiven und konstruktivistischen Wissenserwerb anregen (Baumert et al., 2000), sodass eine vertiefte Verarbeitung von Lerninhalten stattfinden kann (Petko et al., 2009). Derartige Selbstlernumgebungen besitzen jedoch hohe Ansprüche an die didaktische und methodische Gestaltung. In der Hochschullehre haben sich hier Blended-Learning- bzw. Flipped-Classroom-Konzepte als erfolgreich erwiesen (Himpsl-Gutermann, 2017). Sie bezeichnen eine Vermischung von E-Learning-Einheiten zur eigenständigen Vorbereitung theoretischer Inhalte mit Präsenzphasen zur gemeinsamen Vertiefung und Anwendung (Bergmann & Sams, 2012).

2.2 Gestaltungskriterien von E-Learning-Einheiten

E-Learning-Umgebungen bieten eine Möglichkeit zielführend unterschiedliche Medien (z. B. Texte, Videos) sowie hierzu passende Instruktionen zur Verfügung zu stellen (z. B. Arnold et al., 2013) und damit eine zeitlich unabhängige Zugänglichkeit zu gewährleisten (Bhuasiri et al., 2012). Im Kontext der Gestaltung von E-Learning-Inhalten spielen Usability-Faktoren eine zentrale Rolle, da die Lernenden nicht nur mit dem Inhalt, sondern auch mit der technischen Umsetzung interagieren müssen (Sandars & Lafferty, 2010). Aus der Literatur zu E-Learning-Umgebungen lassen sich folgende grundlegende Prinzipien ableiten: Intuitive Nutzbarkeit der Oberfläche, angenehme Design-Ästhetik von Schriften und Elementen, gute Zugänglichkeit der Inhalte unabhängig von den genutzten Endgeräten sowie eine multimodale und interaktive Bereitstellung von Inhalten (u. a. Balzert, 2005; Zaharias & Poylymenakou, 2009).

3. Beschreibung des Seminarkonzepts

Das Seminar *Einführung in die Forschungsmethodik* ist am Standort Hannover in den Fächern Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien mit einem Workload von 60 Stunden (2 ECTS) und 2 Semesterwochenstunden angesetzt. Etwa 25–30 Masterstudierende haben das Seminar zeitgleich belegt.

3.1 Ziele und inhaltliche Gestaltung der Module

Die inhaltlichen Ziele orientieren sich an den eingangs skizzierten Anforderungen an Lehrkräfte im Sinne eines professionstheoretischen Verständnisses. Die Seminar-konzeption gliedert sich in drei Module (siehe Abbildung 1). Sie umfassen Phasen des selbstgesteuerten und selbstorganisierten Lernens innerhalb der E-Learning-Ein-

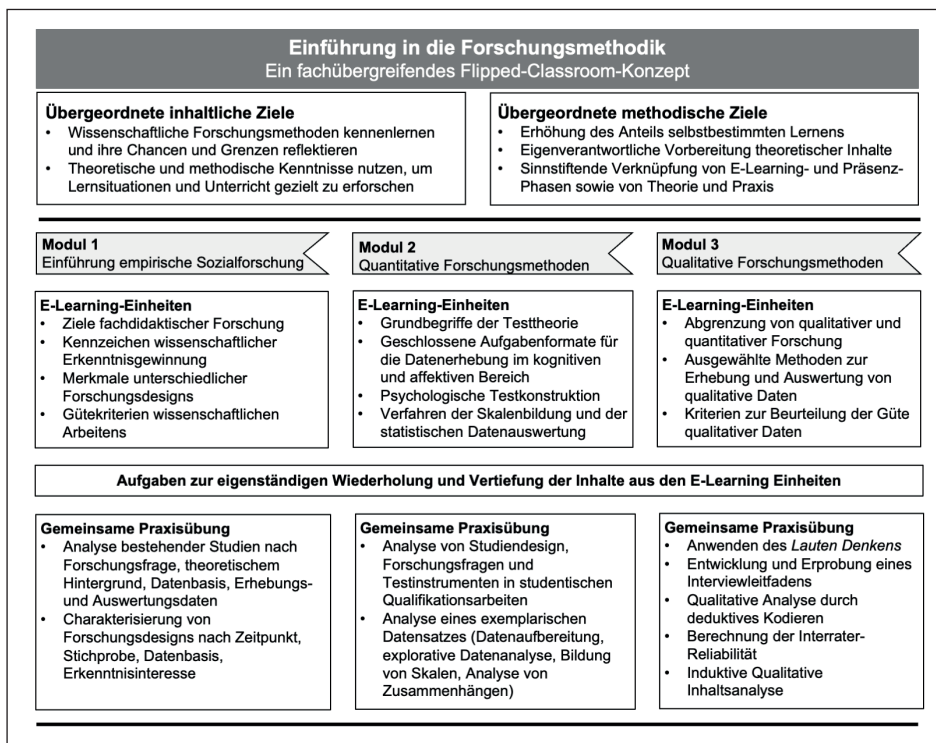


Abb. 1: Übersicht der Ziele und inhaltliche Gestaltung der Module

heiten, umgesetzt in der Lernplattform ILIAS (siehe Online-Anhang¹) und Präsenzphasen zur gemeinsamen praktischen Anwendung und Reflexion der Inhalte. Ein exemplarischer Semesterplan ist als Online-Anhang verfügbar.

3.1.1 Modul 1 – Einführung in die empirische Sozialforschung

Modul 1 führt in die Grundlagen fachdidaktischer Forschung ein (siehe Abbildung 1) und beschreibt neben allgemeinen Zielen auch den Gegenstand fachdidaktischer Forschung in Abgrenzung zu benachbarten Disziplinen wie Psychologie oder Fachwissenschaft (Krüger et al., 2014). In der E-Learning-Einheit erarbeiten die Studierenden die Bedeutung des theoretischen Hintergrunds und wie sich darauf basierend Forschungsfragen ableiten lassen. Das Thema Forschungsdesigns ist ein zentraler Inhaltsbereich, wobei Designs nach dem Erkenntnisinteresse, ihrem wissenschaftstheoretischen Ansatz, dem möglichen Zeitpunkt der Erhebung und nach dem Grad einer möglichen Randomisierung kategorisiert werden. In der gemeinsamen Übung analysieren die Studierenden Studien der Chemie- und Biologiedidaktik (z. B. in Bezug auf Studiendesign, Forschungsfrage), wodurch ‚Berührungspunkte‘ beim Lesen

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

empirischer Studien reduziert und theoretische Inhalte aus den E-Learning-Einheiten angewendet werden.

3.1.2 Modul 2 – Quantitative Forschungsmethoden

Modul 2 behandelt quantitative Verfahren der Datenerhebung sowie -auswertung und orientiert sich an der klassischen Testtheorie (Moosbrugger & Kelava, 2020). Grundbegriffe der quantitativen Forschungsmethoden werden anhand von Beispielstudien erarbeitet (z. B. VASI-Testinstrument, Lederman et al., 2014). Die Studierenden lernen geschlossene Aufgabenformate (z. B. MC-Items, Likert-Items, Semantisches Differenzial) für den kognitiven (z. B. Wissen, Überzeugungen) und affektiven Bereich (z. B. Einstellungen, Interesse) kennen, wobei die Frage nach geeigneten Konstruktionsprinzipien im Fokus steht. Auf dieser Grundlage werden Prinzipien der psychologischen Testkonstruktion erarbeitet.

In einer gemeinsamen Übung stellen Studierende höherer Semester ihre empirischen Bachelor- und Masterarbeiten im Seminar vor (siehe Abbildung 1). Die Teilnehmenden des Seminars analysieren das Forschungsdesign und die Forschungsfragen der Arbeiten und diskutieren Aufbau, Aufgabenformate und Itemformulierungen der verwendeten Testinstrumente. Sie lernen Herausforderungen beim empirischen Arbeiten aus der Peer-Perspektive kennen und können das theoretische Wissen mit realistischen Anwendungssituationen verbinden. Die forschungsmethodische Diskussion bereitet zudem für Kolloquien im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten vor.

In weiteren E-Learning-Einheiten erarbeiten die Studierenden Verfahren der Skalenbildung und statistischen Datenanalyse. Diese umfassen Maße zentraler Tendenz, Dispersionsmaße, Testen von Unterschiedshypothesen sowie einfache lineare Zusammenhangsmaße. Zur Förderung anwendungsbezogener Kompetenzen werden Verfahren zur Datenauswertung softwarebasiert (Open Source Software PSP) eingeführt. Damit sollen Hürden zur Auseinandersetzung mit quantitativen Methoden abgebaut und Handlungssicherheit bei der Datenanalyse aufgebaut werden.

3.1.3 Modul 3 – Qualitative Forschungsmethoden

In diesem Modul lernen die Studierenden die grundlegenden forschungsmethodischen Paradigmen, Ziele sowie die Prinzipien der Erhebung, Auswertung und Beurteilung qualitativer Daten kennen (Abbildung 1; vgl. Hussy et al., 2010). Die Basis stellen für die qualitative Forschung typische Datenquellen z. B. aus Befragungen, Beobachtungen oder individuellen Artefakten dar.

In den E-Learning-Einheiten werden exemplarisch die qualitativen Erhebungsmethoden ‚Lautes Denken‘ und ‚leitfadengestützten Interviews‘ vorgestellt. Das Laute Denken wird als Befragungs- und Beobachtungsverfahren von Denkprozessen eingeführt (Konrad, 2010). In einer gemeinsamen Übung wenden die Studierenden das Laute Denken an einem allgemeinen Beispiel (Lösungsstrategien von Sudokus) und einem

fachspezifischen Beispiel exemplarisch an (z.B. Wissenstest organische Chemie). Im anschließenden Plenum werden die Erfahrungen reflektiert. Als weitere Erhebungsmethode wird das leitfadengestützte Interview dargestellt (Niebert & Gropengießer, 2014).

Die Bandbreite qualitativer Auswertungsmethoden ist groß und erfordert für jede einzelne Methode eine spezifische Expertise. Der Fokus in der Einheit wurde auf die Grundzüge der Qualitativen Inhaltsanalyse gelegt (Kuckartz, 2018; Mayring, 2015). Es werden Ziele, die Grundgedanken im Vorgehen bei der Datenaufbereitung und -analyse sowie die Unterscheidung verschiedener Formen (z. B. inhaltlich strukturierend) und Spezifikationen für die fachdidaktische Lehr-Lernforschung (Gropengießer, 2008) dargestellt. Zu Beginn wird in einer gemeinsamen Sitzung eine inhaltlich strukturierende Qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Mithilfe eines Manuals kodieren die Studierenden einen Ausschnitt aus einem Transkript. Als Maß für die Beurteilung der Güte wurden die InterCoder-Reliabilität und die kommunikative Validierung (Flick, 2014) eingeführt. Die Studierenden lernen, die prozentuale Übereinstimmung und das Maß Cohens Kappa zu bestimmen. Am Beispiel der Beschreibung des Konzeptverständnisses von Schülerinnen und Schülern zu einem fachwissenschaftlichen Inhaltsbereich (z. B. Blutkreislauf oder Verbrennung von Metallen) wird eine spezifische Weiterentwicklung der Qualitativen Inhaltsanalyse für die Naturwissenschaftsdidaktik nach Gropengießer (2008) dargestellt.

3.2 Gestaltung der E-Learning-Einheiten in ILIAS

3.2.1 Gestaltung der Benutzeroberfläche

Der Aufbau aller Seiten ist strukturell identisch und orientiert sich an oben dargestellten Usability-Kriterien (Abschnitt 2.2). Die responsive Benutzeroberfläche in ILIAS ermöglicht eine Nutzung mittels unterschiedlicher Endgeräte. Zentrale Elemente lassen sich wiederkehrend finden, um eine intuitive Anwendung und Orientierung zu ermöglichen. Ausgehend von einer Übersichtsseite wird auf die einzelnen Module verlinkt. Auf den Übersichtsseiten sind allgemeine Lernziele eines Moduls formuliert und es wird ein Überblick über die Themen dargestellt, die von hier aus aufgerufen werden können (siehe Online-Anhang).

3.2.2 Methodische Überlegungen

In jedem Modul erfolgt eine Progression der Schwierigkeit, z. B. indem zunächst Grundlagen erarbeitet und Begrifflichkeiten geklärt werden, bevor zunehmend vertiefend in die Inhalte eingestiegen wird (siehe Abschnitte 3.1.1–3.1.3). Darüber hinaus sind Fachbegriffe und Quellenangaben auf ein Glossar und ein Literaturverzeichnis verlinkt. Durch Verlinkungen werden wiederkehrend Bezüge zwischen den Inhalten und Modulen hergestellt.

An den entsprechenden Stellen innerhalb eines Moduls sind zudem die für den Präsenzunterricht relevanten Arbeitsaufträge und Materialien zur Verfügung gestellt.

Zu jedem Modul werden Übungs- und Wiederholungsaufgaben angeboten (siehe Abbildung 1). Die Inhalte sind in naturwissenschaftsdidaktisch relevante Kontexte in Form von kurzen, zusammenfassenden Texten dargestellt und werden durch Abbildungen und Diagramme unterstützt. Bei Bedarf wurden Erklärvideos und Screen-casts als Form der Informationsvermittlung integriert (z. B. Berechnungen mit Statistikprogrammen oder Vorgehen beim ‚Lauten Denken‘).

4. Evaluationen, Erfahrungen und Weiterentwicklungen

Mit der Umgestaltung des Seminars als Flipped-Classroom-Einheit ging das Ziel einher, die Konzeption fachübergreifend zu realisieren. Hiermit verbunden ist die Sicherung der Qualität der Einheit durch mehrere Evaluationszyklen.

1. *Interviewbefragung:* In einem ersten Durchgang wurde Modul 3 *Qualitative Methoden* als ILIAS-Einheit in die Seminarkonzeption implementiert und im Sommersemester 2020 evaluiert. Im Anschluss wurden fünf Studierende mittels halbstrukturierter Interviews in Bezug auf ihre Erfahrungen zu grundlegenden Aspekten der Usability (siehe Abschnitt 2.2) befragt. Herausgestellt wurde die übersichtliche Gestaltung und die gute Orientierung innerhalb der Benutzeroberfläche. Die selbstbestimmten Phasen der individuellen Erarbeitung der Inhalte wurden als anspruchsvoll und intensiv, aber auch als sehr effektiv beschrieben. Auch die Integration der Beispiele und Aufgaben in die theoretischen Inhalte ist nach Meinung der Studierenden zielführend. Der Workload wurde als hoch, aber sinnvoll eingeschätzt.
2. *Fragebogenerhebung:* Im Wintersemester 20/21 wurde das Flipped-Classroom-Konzept das erste Mal vollständig durchgeführt. Für eine dezidierte Evaluation wurde nach jedem der drei Module ein Fragebogen eingesetzt. Der Fragebogen wurde literaturbasiert entwickelt und umfasst eine Ausschärfung der in Abschnitt 2.2 dargestellten Kategorien. Der Fragebogen befindet sich aktuell in der Auswertung.

Im Rahmen der Erprobungen wurde bisher ersichtlich, dass Herausforderungen und Grenzen die inhaltliche sowie organisatorische Ausgestaltung betreffen. Inhaltlich zeigte sich, dass auch als Flipped-Classroom-Konzept nur eine grundlegende Einführung in die Forschungsmethodik möglich ist. Die eigenverantwortliche Erarbeitung der Inhalte ist für Studierende gerade zu Beginn des Seminars noch ungewohnt und daher herausfordernd. Organisatorisch erfordert der Wechsel von E-Learning-Einheiten und Übungsphasen eine hohe Disziplin aller Teilnehmenden, um den sukzessiven Kompetenzerwerb im Kanon weiterer Veranstaltungen eines Semesters zu gewährleisten.

Als Konsequenz soll die Modularisierung in Form optionaler E-Learning-Einheiten weiterentwickelt werden. Eine Erweiterung ist sowohl inhaltlich möglich (und sinnvoll) als auch strukturell bereits mitangelegt. Im Bereich quantitativer Methoden

sollen weitere Auswertungsverfahren (z. B. ANOVA) und weitere Testtheorien (z. B. probabilistische Testtheorie) behandelt werden. Im Bereich qualitativer Methoden umfasst dies die computergestützte Kodierung von Videodaten oder die Analyse von Daten aus neueren Verfahren wie Text Mining oder Eye-Tracking-Studien.

5. Informationen zur Bereitstellung der Inhalte

Die Inhalte sollen im Laufe des Jahres 2021 im OER-Portal-Niedersachsen (<https://www.twillo.de/oer/web/>) allgemein zugänglich gemacht werden. Dies beinhaltet insbesondere die ILIAS-Lerneinheiten, welche als Exportdateien zur Verfügung stehen sollen. Die Lerneinheit wird zusätzlich für eine unmittelbare Nutzung über den öffentlich zugänglichen Bereich LUH-ILIAS auch für nicht Angehörige der Leibniz Universität Hannover bereitgestellt.

Eine Adaption des Seminarkonzepts für andere fachdidaktischen Fächer, Studiengänge oder Bildungseinrichtungen ist möglich, indem fachspezifische Beispiele oder Aufgaben ausgetauscht und angepasst werden.

Danksagung: Die Umsetzung wurde durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Rahmen des Projekts *Innovation Plus (2020/21)* Nummer 096 im Rahmen des Hochschulpakts 2020 gefördert. Wir bedanken uns herzlich für die Unterstützung.

Literatur

- Akçayır, G. & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334–345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Arnold, P., Kilian, L., Thilloßen, A. & Zimmer, G. (2013). *Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien* (3., aktualisierte Aufl.). wbv.
- Baan, J., Gaikhorst, L. & Volman, M. (2020). Stimulating teachers' inquiring attitude in academic and professional teacher education programmes. *European Journal of Teacher Education*, 43(3), 352–367. <https://doi.org/10.1080/02619768.2019.1693994>
- Balzert, H. (2005). Evaluation von E-Learning-Kursen aus Benutzersicht. Bezugsrahmen und beispielhafte Anwendung. *Wirtschaftsinformatik*, 47(1), 69–80. <https://doi.org/10.1007/BF03250978>
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2000). *Die Fähigkeit zum Selbstregulierten Lernen als fächerübergreifende Kompetenz*. Projekt OECD PISA. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung; Berlin.
- Bergmann, J. & Sams, A. (Hrsg.) (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. ISTE; ASCD.
- Bhuasiri, W., Xaymoungkhoun, O., Zo, H., Rho, J. J. & Ciganek, A. P. (2012). Critical success factors for e-learning in developing countries: A comparative analysis between ICT experts and faculty. *Computers & Education*, 58(2), 843–855. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.010>

- Flick, U. (2014). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 411–423). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_29
- Gresch, H., Konnemann, C. & Hammann, M. (2016). Forschendes Lernen im Praxissemester Biologie: Erste Erfahrungen an der Universität Münster. *Journal für LehrerInnenbildung*, 4, 48–56.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172–189). Beltz.
- Himpl-Gutermann, K. (2017). Selbstlernphasen und E-Learning. In K. Armbrorst-Weihs, C. Böckelmann & W. Halbeis (Hrsg.), *Selbstbestimmt lernen – Selbstlernarrangements gestalten: Innovationen für Studiengänge und Lehrveranstaltungen mit kostbarer Präsenzzeit* (S. 103–116). Waxmann.
- Hummrich, M. (2019). Zur Frage: (Wozu) braucht die Lehramtsausbildung Forschungsmethoden? Kritische Perspektiven einer erziehungswissenschaftlichen Schulpädagogik. *Erziehungswissenschaft*, 30(58), 65–71. <https://doi.org/10.3224/ezw.v30i1.08>
- Humpert, W., Hauser, B. & Nagl, W. (2006). Was (zukünftige) Lehrpersonen über wissenschaftliche Methoden und Statistik wissen sollen und wollen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 24(2), 231–244.
- Hussy, W., Schreier, M. & Echterhoff, G. (Hrsg.). (2010). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-95936-6>
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_34
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Beltz Juventa.
- Kultusministerkonferenz. (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). Berlin, Bonn.
- Kultusministerkonferenz. (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019. Berlin, Bonn.
- Lai, C.-L. & Hwang, G.-J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry-The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4>

- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_10
- Niemi, H. & Nevgi, A. (2014). Research studies and active learning promoting professional competences in Finnish teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 43, 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.07.006>
- Petko, D., Uhlemann, A., & Büeler, U. (2009). Blended Learning in der Ausbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27, 188–194.
- Prinz, A., Golke, S. & Wittwer, J. (2019). Herausforderung Wissenschaftsorientierung im Lehramt: Warum und wie sollten angehende Lehrkräfte Statistik lernen? In T. Leuders, M. Nückles, A. Prinz & H. Zeeb (Hrsg.), *Herausfordernde Situationen rund um den Lehrberuf – Fragen und Antworten. Forschungsergebnisse aus dem interdisziplinären Promotionskolleg CURIOUS und Leitlinien für die Zusammenarbeit von Forschung und Schule*. (S. 50–55).
- Sandars, J. & Lafferty, N. (2010). Twelve Tips on usability testing to develop effective e-learning in medical education. *Medical teacher*, 32(12), 956–960. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2010.507709>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action* (4. Aufl.). Harper torchbooks: Bd. 5126. Basic Books Publishing
- Soukup-Altrichter, K. & Altrichter, H. (2012). Praxisforschung und Professionalisierung von Lehrpersonen in der Ausbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 30(2), 238–251.
- Stelter, A. & Miethe, I. (2019). Forschungsmethoden im Lehramtsstudium – aktueller Stand und Konsequenzen. *Erziehungswissenschaft*, 30(58), 25–33. <https://doi.org/10.3224/ezw.v30i1.03>
- Terhart, E. (Hrsg.). (2014). *Bildung kontrovers. Die Hattie-Studie in der Diskussion: Probleme sichtbar machen*. Klett/Kallmeyer.
- van der Linden, W., Bakx, A., Ros, A., Beijgaard, D. & Vermeulen, M. (2012). Student teachers' development of a positive attitude towards research and research knowledge and skills. *European Journal of Teacher Education*, 35(4), 401–419. <https://doi.org/10.1080/02619768.2011.643401>
- Zaharias, P. & Poylymenakou, A. (2009). Developing a Usability Evaluation Method for e-Learning Applications: Beyond Functional Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(1), 75–98. <https://doi.org/10.1080/10447310802546716>

Zusatzmaterial: Semesterplan



Lehrkräftebildung an der Hochschule konstruktivistisch gestalten

Lehr-Lern-Prinzipien, -Modelle und -Settings zu Lernen mittels
Konzeptwechsel, Problembasiertem und Situiertem Lernen

Finja Grospietsch, Isabelle Lins, Katharina Gimbel & Monique Meier

Vorlesungen sowie Seminare, in denen Studierende Referate halten, sind fester Bestandteil der Hochschullehre. Sie unterliegen einem traditionellen, rezipierend ausgerichteten Lehrcharakter und können für Lehramtsstudierende zu dem Paradoxon führen, dass *frontal* über die positiven Aspekte stärker aktivierender Unterrichtskonzepte gesprochen wird. Ein derartiger Widerspruch zwischen vermitteltem Inhalt und der selbst erfahrenen Lehre kann durch Lehr-Lern-Settings (d. h. Lehrveranstaltungen oder Lernumgebungen innerhalb einer Lehrveranstaltung) aufgehoben werden, die stärker nach einem konstruktivistischen Leitbild konzipiert werden (Riemeier, 2007). In den Naturwissenschaftsdidaktiken hat sich hierfür das Lehr-Lern-Konzept *Forschendes Lernen* etabliert (z. B. Basten et al., 2020). Andere Lehr-Lern-Konzepte wie *Lernen mittels Konzeptwechsel*, *Problembasiertes* und *Situiertes Lernen* werden bislang seltener genutzt. In diesem Beitrag werden den drei genannten Lehr-Lern-Konzepten übertragbare Lehr-Lern-Prinzipien und -Modelle zugeordnet, die Hochschullehrenden dabei helfen können, Lehrkräftebildung konstruktivistisch zu gestalten. Praxiserprobte Lehr-Lern-Settings aus der Didaktik der Biologie (Universität Kassel) geben einen Einblick, wie diese theoretischen Rahmen didaktisch und methodisch ausgestaltet werden können.

1. Hochschuldidaktische Lehr-Lern-Konzepte, -Prinzipien, -Modelle und -Settings

In Anlehnung an Nerdel (2017) sowie Spörhase und Ruppert (2018) kann der Begriff *Lehr-Lern-Konzept* in der Hochschule für all jene Ansätze genutzt werden, die dem methodischen Handeln eine Gesamtorientierung bieten (z. B. *Forschendes Lernen*). In der didaktischen Umsetzung des jeweiligen Lehr-Lern-Konzepts finden spezifische Lehr-Lern-Prinzipien ihre Berücksichtigung (z. B. *Wissensorientierung*). Ein hochschuldidaktisches Lehr-Lern-Modell benennt unserem Verständnis nach konkrete Modellelemente, die zur methodischen Gestaltung von Lehr-Lern-Settings und zugehörigen Lehr-Lern-Materialien genutzt werden können (z. B. Phasen des *inquiry-based learning*). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die drei in diesem Beitrag

Tab. 1: Übersicht über thematisierte Lehr-Lern-Konzepte, -Prinzipien, -Modelle und -Settings

theoretisch abstrakt				praktisch konkret	
Lehr-Lern-Konzepte (Gesamtorientierung)	Lehr-Lern-Prinzipien (didaktische Ausrichtung)	Lehr-Lern-Modelle (methodische Umsetzung)	Lehr-Lern-Settings (lehrpraktische Anwendung)		
Lernen mittels Konzeptwechsel	Lernendenorientierung	Professioneller Konzeptwechsel (Grospietsch & Mayer, 2018a)	Lehr-Lern-Settings (lehrpraktische Anwendung)		
Problemorientiertes Lernen	Problemorientierung	Drei-Phasen-Ansatz der Problembearbeitung (Wilhelm & Brovelli, 2009)	Lehr-Lern-Settings (lehrpraktische Anwendung)		
Situierendes Lernen *	Anwendungsbezug	Implementationsmerkmale für Studienelemente verzahnde Situierung (Meier et al., 2018a)	Lehr-Lern-Settings (lehrpraktische Anwendung)		

*Anmerkung. Beim Lehr-Lern-Konzept *Situierendes Lernen* ist die Zuordnung von Lehr-Lern-Prinzipien und -Modellen weniger eindeutig. Die in diesem Beitrag vorgestellten Implementationsmerkmale können auch als Lehr-Lern-Prinzipien ihre Berücksichtigung finden.

thematisierten Lehr-Lern-Konzepte, zugeordnete Lehr-Lern-Prinzipien und -Modelle sowie die Lehr-Lern-Settings, die nachfolgend präsentiert werden.

2. Lehr-Lern-Settings in Lehr-Lern-Prinzipien und -Modellen denken und nach ihnen gestalten

In der Didaktik der Biologie der Universität Kassel entstanden mehrere Lehr-Lern-Settings, die sich an einem konstruktivistischen Leitbild orientieren. Für ihre Konstruktion und fortlaufende Weiterentwicklung wurden Lehr-Lern-Prinzipien und/oder Lehr-Lern-Modelle (vgl. Tabelle 1) entwickelt, genutzt bzw. adaptiert sowie evaluiert.

2.1 *Lernen mittels Konzeptwechsel* am Beispiel ‚Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht‘

Beim Lehr-Lern-Konzept *Lernen mittels Konzeptwechsel* wird das Ziel verfolgt, tief im Überzeugungssystem verankerte Fehlvorstellungen Studierender, die ihr professionelles Berufshandeln negativ beeinflussen könnten, systematisch zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen auszubauen. Von Grospietsch und Mayer (2018a) wurde auf Grundlage dreier Konzeptwechseltheorien das Lehr-Lern-Modell *Professioneller Konzeptwechsel* entwickelt und evaluiert, das aus drei Modellelementen besteht (Abbildung 1).

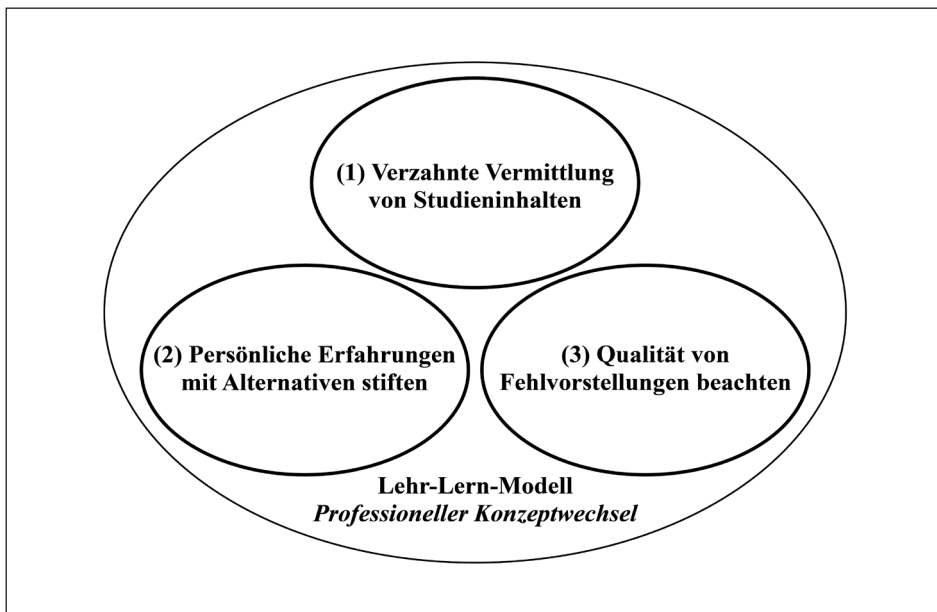


Abb. 1: Lehr-Lern-Modell *Professioneller Konzeptwechsel* nach Grospietsch und Mayer (2018a).

Element 1 (*Verzahnte Vermittlung von Studieninhalten*) soll dazu beitragen, dass Wissensselemente aus unterschiedlichen Professionswissensbereichen kognitiv stärker miteinander vernetzt werden, um Fehlvorstellungen kritisch begegnen zu können. Mit Element 2 (*Persönliche Erfahrungen mit Alternativen stiften*) soll erzielt werden, dass lernbiografisch gefestigte Überzeugungen nachhaltig durch wissenschaftlich angemessene abgelöst werden. Element 3 (*Qualität von Fehlvorstellungen beachten*) folgt wiederum dem Kategorisierungsansatz von Chi (2013), der unterschiedliche Qualitäten von Fehlvorstellungen und passende Instruktionsstrategien beschreibt. Für eine Revision falscher Einzelüberzeugungen können diese beispielsweise explizit widerlegt werden.

Die Lehrveranstaltung ‚Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht‘ (Grospietsch & Mayer, 2021b) setzt das dargestellte Lehr-Lern-Modell methodisch um. Für die verzahnte Vermittlung von Inhalten (Element 1) werden kognitionspsychologische, neurowissenschaftliche und biologiedidaktische Themen in drei Veranstaltungsböcken je abwechselnd und damit stark miteinander verschachtelt gelehrt. Demnach wird beispielsweise in einem Block von den Studierenden zunächst die kognitionspsychologische Perspektive eingenommen, indem die Theorie zu Lernstrategien behandelt wird. Daran anschließend folgt eine Sitzung mit Fokus auf neurowissenschaftliche Inhalte, wie Gedächtnissysteme und Wissensarten. In einer weiteren Sitzung wird sich aus didaktischer Perspektive mit dem selbstregulierten Lernen im Biologieunterricht beschäftigt und in einer letzten Sitzung des Blocks sollen die Inhalte der drei vorausgegangenen Sitzungen bei der Produktion von Unterrichtsmaterial angewendet und zusammengeführt werden. Das Erfahrungen stiften mit Alternativen (Element 2) wird im Seminar dahingehend umgesetzt, dass in jeder Sitzung Lernangebote nach konstruktivistischem Leitbild bereitgestellt werden. Die Studierenden können entsprechende Lernversuche (z. B. Spiegelzeichnen) und Methoden nachhaltigen Lernens (z. B. Struktur-Lege-Technik) selbst erproben und transmissive Lehr-Lern-Überzeugungen (vgl. Staub & Stern, 2002) überdenken. Das Widerlegen von falschen Einzelüberzeugungen (Element 3) wird über den Einsatz von Konzeptwechseltexten zu sogenannten Neuomythen, d. h. Fehlvorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen, umgesetzt. Konzeptwechseltexte können nach Grospietsch und Mayer (2021a) als konstruktivistisches Lehr-Lern-Material definiert werden, bei dem Lernende durch den Verbund von widerlegendem Text und metakonzeptuellen Elementen (= Reflexionsaufträge vor und nach dem Lesen) gezielt zu einer Erweiterung ihrer bisherigen Vorstellungen angeleitet werden und infolgedessen einen Konzeptwechsel im Sinne einer *conceptual reconstruction* durchlaufen (können).

2.2 **Problembasiertes Lernen am Beispiel ‚Humanbiologische Unterrichtsthemen‘**

Beim Lehr-Lern-Konzept *Problembasiertes Lernen* steht im Fokus, bei Lernenden Problemlösefähigkeiten (Reusser, 2005) und Systemdenken (Feigenspan & Rayder, 2017) zu fördern. Im hochschulischen Bereich wird der sogenannte *Drei-Phasen-Ansatz der Problembearbeitung* (Wilhelm & Brovelli, 2009) als Lehr-Lern-Modell verwendet und empfohlen (Abbildung 2, hier zyklisch dargestellt).

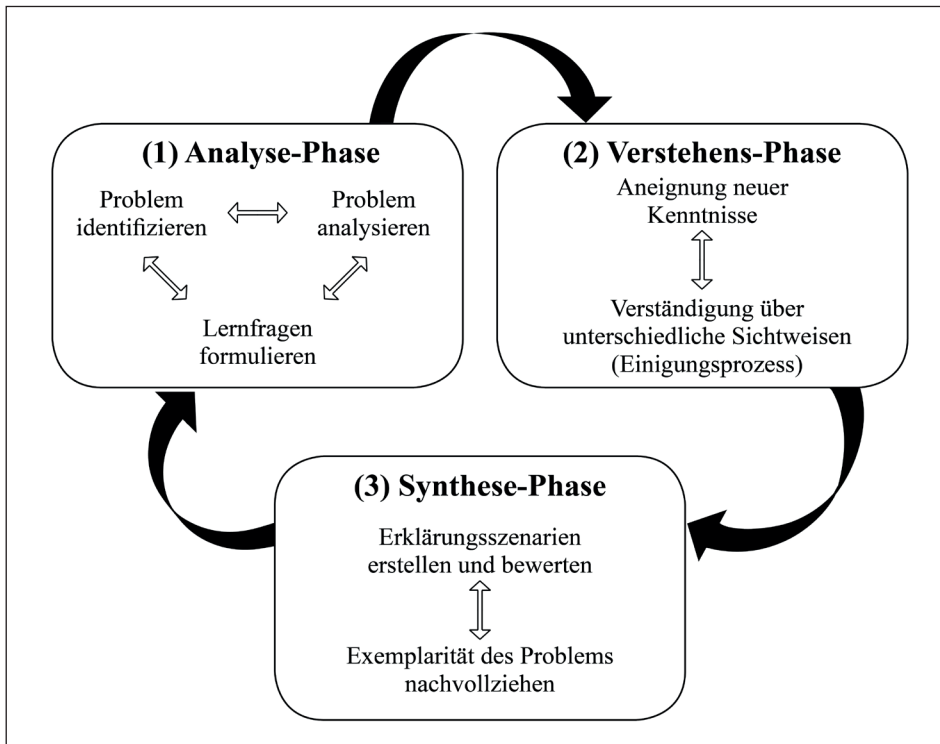


Abb. 2: Lehr-Lern-Modell für *Problembasiertes Lernen* nach Wilhelm und Brovelli (2009).

In der *Analyse-Phase* (1) werden die Studierenden dazu angeregt, darüber zu diskutieren, was ein Problem sein könnte, und dieses Problem zu analysieren, d. h. zunächst alle möglichen Erklärungen zu suchen, die zum Problem führen könnten. Dabei werden erste Zusammenhänge und Gewichtungen vorgenommen sowie Lernfragen unter dem Leitgedanken ‚Was muss jeder wissen, um die möglichen Erklärungsversuche abwägen zu können?‘ formuliert. In der *Verstehens-Phase* (2) müssen sich die Studierenden die formulierten Lernfragen individuell beantworten und sich dadurch neue Kenntnisse aneignen. Das kann z. B. durch Experimente, Literaturstudium oder Instruktion der/des Dozierenden erfolgen. Einhergehend mit unterschiedlichen Vorkenntnissen und genutzten Informationsquellen generieren die Studierenden divergierende Antworten, was es notwendig macht, dass sich über die unterschiedlichen Sichtweisen verständigt und ein Einigungsprozess initiiert wird. In der *Synthese-Phase* (3) sollen die Studierenden mögliche Erklärungsszenarien zum Problem erstellen und bewerten sowie die Exemplarität des Problems nachvollziehen. Der Fokus sollte auf zwei bis drei realistischen Erklärungen liegen, die mittels der erarbeiteten Kenntnisse gegeneinander abgewogen werden (Wilhelm & Brovelli, 2009).

Im Seminar ‚Humanbiologische Unterrichtsthemen‘ wird das dargestellte Lehr-Lern-Modell wie folgt umgesetzt: Die Problemfrage (Wie können Schülerinnen und Schüler zu mehr Systemdenken in Bezug auf humanbiologische Unterrichtsthemen

angeleitet werden?') wird in einer ersten Sitzung anhand von Unterrichtsbeispielen erarbeitet. In Zweiergruppen übernehmen die Studierenden einen humanbiologischen Inhalt (z.B. Verdauungssystem) sowie einen fachdidaktischen Schwerpunkt zum Lehr-Lern-Konzept *Problembasiertes Lernen* (z.B. Methode *Mystery*). In einer der folgenden Sitzungen analysieren die Tandems die Problemfrage des Seminars am Beispiel ihres humanbiologischen Inhalts und formulieren Lernfragen ('Was muss jeder wissen?') zu ihrem fachdidaktischen Schwerpunkt (Analyse-Phase). Ausgehend von Literaturempfehlungen eignen sich die Studierenden über mehrere Wochen neue Kenntnisse zum von ihnen übernommenen humanbiologischen Inhalt sowie fachdidaktischen Schwerpunkt an und verständigen sich mit der/dem Dozierenden und zwei weiteren Studierendentandems über unterschiedliche Sichtweisen und Ideen für die Ausgestaltung einer Seminarsitzung, die mit den übrigen Seminarteilnehmenden durchgeführt wird. An drei über das Semester verteilten Blocktagen sorgen je drei Tandems dafür, dass sich der Rest der Lerngruppe anschaulich, d.h. am Beispiel des jeweiligen humanbiologischen Inhalts, Kenntnisse über den dazugehörigen fachdidaktischen Schwerpunkt aneignen kann (Verstehens-Phase). Am abschließenden Kurstag werden die behandelten humanbiologischen Inhalte und fachdidaktischen Schwerpunkte noch einmal vor dem Hintergrund der Problemfrage zusammengetragen, reflektiert und in ihrer Bedeutung gegeneinander abgewogen. Erklärungsszenarien zur anfänglichen Problemfrage werden formuliert und bewertet. Zu den einzelnen humanbiologischen Inhalten wird auf Basis der neuen Kenntnisse zu fachdidaktischen Schwerpunkten nach Unterrichtsthemen und authentischen Problemen gesucht, auf die sich die im Seminar thematisierten Methoden und Instruktionsstrategien anwenden lassen (Synthese-Phase).

2.3 *Situiertes Lernen* anhand der Beispiele ‚Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht‘ und ‚Experimentieren diagnostizieren‘

Dem Lehr-Lern-Konzept *Situiertes Lernen* liegt das Ziel zugrunde, praxisnahe Lehr-Lern-Settings zu schaffen, die dem Aufbau *trägen Wissens* entgegenwirken (Mörtl-Hafizovic et al., 2006). Zu diesem Konzept existieren unterschiedliche Instruktionsansätze (u.a. Bsp. in Collins et al., 1989), denen spezifische Implementationsmerkmale gemein sind. Als Elemente für ein methodisch umsetzbares Lehr-Lern-Modell können die Implementationsmerkmale *Komplexe Ausgangsprobleme*, *Authentizität* und *Multiple Perspektiven* angesehen werden, die sich bei Meier et al. (2018a) als geeignet für Studienelemente verzahnende Situierung erwiesen. Mit dem Implementationsmerkmal *Komplexe Ausgangsprobleme* ist die Auswahl berufsnaher Problemstellungen gemeint, die ein ausreichend hohes Lernpotenzial für die Studierenden aufweisen (Jonassen & Hung, 2008). Nahezu untrennbar geht mit der Bearbeitung eines komplexen Ausgangsproblems das Implementationsmerkmal *Authentizität* einher, das ein situiertes Lehr-Lern-Setting dadurch kennzeichnet, dass die Lernsituation der realen, beruflichen Anwendungssituation möglichst nahekommt (Honebein et al., 1993). Das Implementationsmerkmal *Multiple Perspektiven* umfasst wiederum die Empfehlung,

verschiedene Kontexte und Akteure (Lernende und Lehrende) in die Aufarbeitung und Anwendung von Wissen zu integrieren (Fölling-Albers et al., 2004) und zielt damit schon in der methodischen Anlage auf Verzahnung ab. Hierzu kann beispielsweise ein didaktisch induzierter Perspektivwechsel vom Lernenden zum Lehrenden initiiert werden. Zudem kann Multiperspektivität durch eine explizite Betrachtung eines Lerninhaltes aus den Perspektiven der verschiedenen Studienelemente (Fach, Fachdidaktik, Bildungswissenschaft) erreicht werden.

Wie sich diese Implementationsmerkmale in der methodischen Gestaltung von verzahnten Lehr-Lern-Settings niederschlagen können, wird im Folgenden an zwei Lehrveranstaltungsbeispielen verdeutlicht (Tabelle 2). Ihr konzeptionelles Ziel ist die Verzahnung von spezifischen fachwissenschaftlichen und biologiedidaktischen Studienelementen auf Veranstaltungsebene (Mayer et al., 2018). Während im Beispiel 1 ‚Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht‘ in einen fachlichen und fachdidaktischen Fokus gerückt werden (Gimbel & Ziepprecht, 2018), kommen im Beispiel 2 beim ‚Experimentieren diagnostizieren‘ noch bildungswissenschaftliche Inhalte (z. B. Urteilsfehler) hinzu (Meier et al., 2018b). Trotz einem sich daraus ergebenden kontextuell unterschiedlichen komplexen Ausgangsproblem beider Lehr-Lern-Settings, liegt ihnen ein konzeptionell ähnlicher Lösungsansatz zur rahmengebenden Problematik des Einbezugs unterschiedlicher Professionswissensbereiche (A) zugrunde. Eine fachliche Aufarbeitung und fachdidaktische Aufbereitung ausgewählter Inhalte zur Genetik bzw. dem naturwissenschaftlichen Experimentieren findet in anwendungsbezogenen Lernsituationen (z. B. praktische Laborarbeit zum genetischen Fingerabdruck, Beispiel 1) und der Nutzung authentischer Lehr-Lern-Materialien wie Vignetten mit realen Unterrichtsszenen (Beispiel 2) statt (Authentizität). Im ersten Lehr-Lern-Setting betrachten die Studierenden komplexe Lerninhalte der Genetik in den Perspektiven des Fachs und der Fachdidaktik und nehmen wechselnd die Rolle des Lernenden im selbstständigen forschungsbasierten Arbeiten sowie des Lehrenden in der fachdidaktischen Planung und Vorbereitung zugehöriger Unterrichtsszenarien ein. Ein ähnlicher Rollenwechsel ist auch Bestandteil des zweiten Lehr-Lern-Settings, in dem Studierende u. a. selbst experimentieren und sich dabei eigener Kompetenzdefizite bewusstwerden (Lernendenrolle). Ihre aufgebauten diagnostischen Fähigkeiten wenden sie anschließend in der Lehrendenrolle beim Beobachten und Diagnostizieren von Hürden von Lernenden beim Experimentieren an (multiple Perspektiven). Entsprechend dem finalen Lösungsansatz zur Überwindung der aufgestellten Problematik erfolgt die Anwendung der unterschiedlichen Professionswissensbereiche in einer praxisnahen Unterrichtssituation u. a. unter Einbezug von Schülerinnen und Schülern in einem geschützten Umfeld von Lehr-Lern-Laboren der Universität Kassel (B).

Tab. 2: Methodische Umsetzung von Implementationsmerkmalen zum situierten Lernen in zwei verzahnten Lehr-Lern-Settings.

Beispiel 1: ‚Aktuelle Themen der Genetik im Unterricht‘		Beispiel 2: ‚Experimentieren diagnostizieren‘
Komplexes Ausgangsproblem	Relevanz aktueller Forschung in der Genetik im Biologieunterricht?	Hürden beim offenen Experimentieren im (Fach-)Unterricht?
	• Warum? Was braucht es (Lernende & Lehrende)? Wie vermitteln?	• Welche (Lernende)? Was braucht es (Lehrende)? Wie überwinden?
	• Planung und Durchführung einer Unterrichtseinheit zu einem aktuellen molekularbiologischen Forschungsthema unter Rückgriff molekularbiologischer Arbeitsweisen	• Betreuung einer Schüler/innen-Kleingruppe bei einem Experiment unter Anwendung fachmethodischen Wissens und fachbezogener Diagnosekompetenz im Bereich Experimentieren
► Lösungsansatz A – Unterschiedliche Professionswissensbereiche einbeziehen	• fachdidaktische Aufbereitung spezieller Fachinhalte: Anbindung an das Kerncurriculum, didaktische Reduktion, Verknüpfung der fachlichen Inhalte und der Umsetzung molekularbiologischer Arbeitstechniken für den Schulunterricht	• fachliche Aufarbeitung fachmethodischer Qualitätskriterien naturwissenschaftlicher Experimente im Schulkontext: fachdidaktische Umsetzung von Experimentalunterricht, Urteilsfehler, Diagnose von typischen Hürden von Lernenden beim Experimentieren
Authentizität	• wissenschaftliche Laborarbeit selbst erfahren und anwenden • Erarbeitung und Reflexion von Schülervorstellungen zum Thema Genetik mit Blick auf deren Bedeutung für die Beschäftigung mit aktuellen Forschungsgegenständen im Unterricht	• eigene Experimentierkompetenz erfahren, anwenden und reflektieren • Aufbau und Vertiefung der diagnostischen Fähigkeit zu Hürden beim Experimentieren mittels Gesprächsausschnitt-, Cartoon- und/oder Videovignetten zu/mit realen Unterrichtsszenen
Multiple Perspektiven	• explizite Thematisierung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Lerninhalte im Rahmen von aufeinander abgestimmten fachwissenschaftlichen Labortagen und daran anschließenden fachdidaktischen Vertiefungssitzungen • Fachwissenschaftler/innen und Fachdidaktiker/innen sind Lehrende für die jeweiligen Lerninhalte	• didaktisch induzierte Perspektivwechsel in der Förderung und Anwendung eigener Experimentierfähigkeiten in einer universitären Praxisseinheit (Lernender) sowie Anwendung diagnostischer Fähigkeiten in Experimentierprozessen in vignettengestützten Übungseinheiten (Lehrender) und praktischen Lehr-Lern-Labor-Einheiten mit Reflexionsschleifen (Lernender und Lehrender)
► Lösungsansatz B – Wissen praxisnah anwenden	• Vorstellung und Erprobung der geplanten Unterrichtseinheit in der eigenen Seminargruppe im universitären Laborsetting (Science Bridge e. V., Lehr-Lern-Labor)	• Hospitation und z. T. Betreuung einer Schüler/innen-Kleingruppe in einem Experimentiermodul der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX, Lehr-Lern-Labor) in wechselnden Rollen (Beobachter/in, Betreuer/in)

3. Fazit

In diesem Beitrag wurde durch praxiserprobte Lehr-Lern-Settings aus der Didaktik der Biologie verdeutlicht, wie sich die Lehr-Lern-Konzepte *Lernen mittels Konzeptwechsel*, *Problembasiertes* und *Situiertes Lernen* an der Hochschule ausgestalten lassen. Seminarpläne zu allen präsentierten Lehrveranstaltungen finden sich im Onlinematerial.¹ Entsprechend ihrer inhaltlichen, didaktischen und methodischen Unterschiede sind die Erfahrungen bei der praktischen Umsetzung der Seminare sehr vielseitig. Grundsätzlich sind sie – sowohl auf Seiten der Lernenden als auch auf Seiten der Lehrenden – als sehr positiv zu beschreiben. Für das Seminar ‚Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht‘ kann hervorgehoben werden, dass sich das umgesetzte Lehr-Lern-Modell *Professioneller Konzeptwechsel* dazu eignet, dass Studierende vernetztes Professionswissen aufbauen, transmissive Lehr-Lern-Überzeugungen reduzieren und Neuromythen kritisch begegnen (Grospietsch & Mayer, 2018b). Beim Seminar ‚*Humanbiologie Unterrichtsthemen*‘ machen erste Evaluationsergebnisse deutlich, dass die Lehramtsstudierenden das eigene Durchlaufen des Lehr-Lern-Modells *Drei-Phasen-Ansatz der Problembearbeitung* als sehr positiv und hilfreich für die spätere Berufspraxis empfinden. *Situiertes Lernen* über die Implementationsmerkmale *Komplexe Ausgangsprobleme*, *Authentizität* und *Multiple Perspektiven* in verzahnten Lehr-Lern-Settings umzusetzen, erforderte sowohl bei der Einbindung von realen Schulklassen als auch bei der Abstimmung zwischen den Expertinnen und Experten aus Fach und Fachdidaktik erhöhten Organisationsaufwand. Legitimiert wird dieser durch einen signifikanten Wissenszuwachs bei den Studierenden (Gimbel & Ziepprecht, 2018) sowie deren positive Wahrnehmung der geschaffenen Situierung (Meier et al., 2018a). Als Limitation ist abschließend anzumerken, dass den beschriebenen Lehr-Lern-Settings das Veranstaltungsformat *Seminar* gemein ist. Inwieweit sich die Lehr-Lern-Konzepte mit den zugeordneten Lehr-Lern-Prinzipien und -Modellen auch in andere Formate, wie Vorlesungen oder Exkursionen, transferieren lassen, sollte zukünftig noch näher in den (Forschungs-)Blick genommen werden.

Anmerkung

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

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

Literatur

- Basten, M., Mertens, C., Schöning, A. & Wolf, E. (Hrsg.) (2020). *Forschendes Lernen in der Lehrer/innenbildung. Implikationen für Wissenschaft und Praxis*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991540>
- Chi, M. T. H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes (Educational psychology handbook series). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl., S. 49–70). Routledge/Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203154472.ch3>
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (S. 453–494). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781315044408-14>
- Feigenspan, K. & Rayder, S. (2017). Systeme und systemisches Denken in der Biologie und im Biologieunterricht. In H. Arndt (Hrsg.), *Systemisches Denken im Fachunterricht* (S. 139–176). FAU University Press.
- Fölling-Albers, M., Hartinger, A. & Mörtl-Hafizovic, D. (2004). Situiertes Lernen in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50(5), 727–747.
- Gimbel, K. & Ziepprecht, K. (2018). Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Lerninhalte im Rahmen einer situierten Lernumgebung zum Thema Genetik. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 77–91). Waxmann.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018a). Lernen mittels professionellem Konzeptwechsel in der Hochschuldidaktik. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 149–162). Waxmann.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018b). Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8(3), 120. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2021a). Angebot, Nutzung und Ertrag von Konzeptwechseltexten zu Neuromythen bei angehenden Biologielehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00127-0>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2021b). Didaktische Rekonstruktion als Planungs- und Forschungsrahmen nutzen – Fachliche Klärung, Gestaltung und Evaluation einer universitären Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen. *HLZ – Herausforderung Lehrer*innenbildung*, 4(2), 165–192. <https://doi.org/10.11576/hlz-2548>
- Honebein, P.C., Duffy, T.M. & Fishman, B.J. (1993). Constructivism and the Designing of Learning Environments: Context and Authentic Activities for Learning. In T.M. Duffy, J. Lowyck & D.H. Jonassen (Hrsg.), *Designing Environments for Constructive Learning* (S. 87–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-78069-1_5
- Jonassen, D. H. & Hung, W. (2008). All Problems are Not Equal: Implications for Problem-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1080>
- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9–20). Waxmann.

- Meier, M., Gimbel, K., Roetger, R. & Isaev, V. (2018a). Situiertes Lernen in hochschuldidaktischen Lernumgebungen. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 51–73). Waxmann.
- Meier, M., Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018b). Vernetzung von Wissensfacetten professioneller Handlungskompetenz in hochschuldidaktischen Lehr-Lernsettings. In A. Borowski, I. Glowinski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 143–178). Universitätsverlag Potsdam.
- Mörzl-Hafizovic, D., Hartinger, A. & Fölling-Albers, M. (2006). Akzeptanz situierter Lernerfahrungen in der Lehrerbildung. In J. Seifried & J. Abel (Hrsg.), *Empirische Lehrerbildungsforschung – Stand und Perspektiven* (S. 63–83). Waxmann.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 23(2), 159–182.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 69–79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_7
- Spörhase, U. & Ruppert, W. (Hrsg.) (2018). *Biologie-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (4. überarbeitete Aufl.). Cornelsen Scriptor.
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.344>
- Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2009). Problembasiertes Lernen (PBL) in der Lehrpersonenbildung: Der Drei-Phasen-Ansatz der Naturwissenschaften. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27(2), 195–203.

Zusatzmaterial: Lehrkräftebildung



Kompetenzorientierte Lehre in physikdidaktischen Lehrveranstaltungen nach dem Inverted-Classroom-Ansatz

Martin Schwichow

In fachdidaktischen Lehrveranstaltungen sollen Studierende nicht nur fachdidaktisches Wissen erwerben, sondern auch dazu befähigt werden, dieses Wissen bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht anzuwenden. Ziel ist, dass Studierende fachdidaktisches Wissen zur Lösung von professionsspezifischen Problemen nutzen sowie die damit verbundenen affektiv-motivationalen Dispositionen erwerben – sprich die Förderung von Kompetenzen (Blömeke & Suhl, 2010). Veranstaltungen, bei denen die Vermittlung von Wissen im Vordergrund steht, gehen implizit davon aus, dass Studierende Wissen selbstständig anwenden und transferieren können. Veranstaltungen nach dem Inverted- bzw. Flipped-Classroom-Ansatz ermöglichen hingegen eine explizite Abstimmung zwischen Wissensaneignung, -anwendung, und -transfer (Abeysekera & Dawson, 2015).

In Veranstaltungen nach dem Inverted-Classroom-Ansatz (IC) wird die traditionelle Abfolge aus Wissensvermittlung in Präsenzsitzungen, gefolgt vom eigenständigen Anwenden der Inhalte, „umgedreht“. Stattdessen eignen die Lernenden sich Wissen im Vorfeld der Präsenzsitzungen anhand von zur Verfügung gestellter Lernmaterialien selbstständig an und wenden dieses anschließend während der Präsenzphasen direkt an. Für die reine Wissensvermittlung ist die direkte Interaktion zwischen den Lernenden sowie zwischen Lehrenden und Lernenden nicht notwendig, weshalb diese im Selbststudium erfolgen kann. Hierzu werden Materialien wie verfilmte Vorlesungen, aber auch Texte und Fragen zur Verfügung gestellt (Lo et al., 2017). In der Präsenzphase arbeiten die Lernenden an kompetenzfördernden Aufgaben, können miteinander kooperieren und sich bei Fragen oder für ein individuelles Feedback an die Lehrperson wenden. Zusammenfassend sind Lehrveranstaltungen im IC durch die folgenden Eigenschaften gekennzeichnet: (1) die Wissensaneignung findet überwiegend außerhalb von Präsenzphasen statt, (2) während der Präsenzphasen arbeiten die Lernenden aktiv, meist in Gruppen, an Materialien, die eine Anwendung des zuvor erworbenen Wissens erfordern und (3) der Lernerfolg hängt maßgeblich von der selbstständigen Vorbereitung sowie der aktiven Teilnahme in den Präsenzphasen ab (Abeysekera & Dawson, 2015).

Die Kombination von Wissensaneignung im Vorfeld und Wissensanwendung während der Präsenzphasen ermöglicht sowohl eine fundierte Einführung in Theorien und Konzepte als auch die Förderung von Kompetenzen. Damit diese Ziele erreicht werden, müssen das im Vorfeld im Selbststudium zu erwerbende Wissen und

die in den Präsenzphasen eingesetzten kompetenzfördernden Aufgaben sowohl aufeinander als auch auf typische professionsspezifische Probleme abgestimmt werden (Spannagel & Freisleben-Teutscher, 2016).

1. Designprinzipien für kompetenzorientierte Lehrveranstaltungen im Inverted-Classroom

Die Planung von Veranstaltungen im IC beginnt mit der Festlegung von Lernzielen. Diese sollten kompetenzorientiert formuliert sein und die drei Phasen der Vorbereitung, Präsenz und Nachbereitung umfassen. Hilfreich ist eine Orientierung an der Bloom'schen Lernzieltaxonomie, welche Lernziele nach ihrer Komplexität von Erinnern, über Verstehen und Anwenden bis zu Bewerten einteilt. Lernziele geringerer Komplexität stehen am Anfang von Lernprozessen, weshalb sie in den Vorbereitungsphasen adressiert werden, während Lernziele höherer Komplexität in der Präsenz- bzw. Nachbereitungsphase behandelt werden (Spannagel & Freisleben-Teutscher, 2016). Da in den Vorbereitungs- und Präsenzphasen verschiedene Lernziele verfolgt sowie unterschiedliche Sozialformen eingesetzt werden, bedürfen sie jeweils eigenständiger Lernmaterialien und -aufgaben. In ihrer Übersichtsarbeit nennen Lo et al. (2017, S. 63) nachfolgende forschungsbasierte Prinzipien für die Gestaltung der Vorbereitung- und Präsenzphase. In den Vorbereitungsphasen sollten:

1. einführende und die Notwendigkeit des Themas darstellende Informationen sowie Hilfestellungen dargeboten werden.
2. die Materialien zu den Zielen passen und z. B. die von den Lehrenden genutzte mathematische Notation enthalten. Für eine gute Passung sollten Materialien in der Regel selbst erstellt bzw. angepasst werden.
3. neben den Materialien (verpflichtende) Lernaufgaben für die Vorbereitungsphasen gestellt werden, welche auf die Lernaufgaben in den Präsenzphasen vorbereiten.

In den Präsenzphasen sollten:

4. die vorbereitenden Aufgaben aufgegriffen und auf die Bedarfe der Lerngruppe eingegangen werden.
5. mit strukturierten Einstiegen begonnen werden, die Rückfragen anregen.
6. abwechslungsreiche Lernaufgaben genutzt werden, bei deren Bearbeitung die Studierenden von der Interaktion mit ihren Kommilitonen und Lehrenden profitieren.
7. sich die Lernaufgaben an professions- bzw. disziplinspezifischen Problemen orientieren.
8. die Studierenden ein individuelles Feedback von den Lehrenden erhalten.

Da der Lernerfolg im IC maßgeblich von der Beteiligung der Lernenden abhängt, ist es zudem wichtig, den Studierenden die Gründe für die Wahl des Veranstaltungsformats sowie technische und organisatorische Details zu erläutern (z. B.: Wo und wann finden sich Lernmaterialien? Wie müssen Vorbereitungsaufgaben eingereicht

werden?). Auch sollten die Lernziele stets explizit benannt werden und die Studien- und Prüfungsleistungen an diese angepasst werden, da aufgrund der individuellen Erarbeitung der Inhalte eine verstärkte Orientierung bezüglich der Prüfungsanforderungen notwendig ist.

Durch die Lernaufgaben erhalten die Dozierenden im Vergleich zu Vorlesungen wesentlich detailliertere Rückmeldung zu Lerneffekten der Studierenden und zur Wirkung ihrer Veranstaltung, die sie nutzen sollten, um die Lernaufgaben und Materialien fortlaufend zu überarbeiten. Dabei sollte auch der Arbeitsaufwand regelmäßig hinterfragt werden, um eine Überlastung der Studierenden zu vermeiden.

Für Dozierende bedeutet eine Umstellung auf IC-Lehrveranstaltungen zunächst einen Mehraufwand, da neben der Vorbereitung der Inhalte auch Lernaufgaben für die Vorbereitungs- und Präsenzphasen zu erstellen sind. Es empfiehlt sich daher eine gestufte Umstellung, die zunächst nur einige Themengebiete umfasst und mit der Zeit ausgebaut werden kann. Der Mehraufwand scheint zudem gerechtfertigt, da Veranstaltungen im IC sich positiv auf den Lernzuwachs und die Motivation der Lernenden auswirken und die entwickelten Materialien langfristig genutzt werden können (Akçayır & Akçayır, 2018).

2. Ein Inverted-Classroom zum Thema Schülervorstellungen im Physikunterricht

Im Folgenden wird die Gestaltung einer vierwöchigen Lernsequenz zum Thema „Schülervorstellungen im Physikunterricht“ im Rahmen einer Bachelor-Vorlesung (2 SWS/4 ECTS) zur Einführung in die Physikdidaktik erläutert (siehe Onlineanhang¹ für eine Übersicht über die Themen und beispielhafte Lernmaterialien). Die Lernziele der Vorbereitungsphase lauten, dass die Lernenden 1) den Begriff „Schülervorstellungen“ anhand von Beispielen aus der Physik erläutern, 2) Quellen von Schülervorstellungen benennen und 3) Schülervorstellungen benennen können, die sie selbst hatten. Um diese Lernziele zu erreichen, stehen den Studierenden kurze Texte und eine verfilmte Vorlesung zur Verfügung, mit deren Hilfe sie die folgenden Aufgabenstellungen bearbeiten:

1. Erläutern Sie anhand eines Beispiels, was man unter Schülervorstellungen versteht, und nennen Sie mögliche Quellen von Schülervorstellungen.
2. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen den Begriffen Schüler-, Alltags- und Fehlvorstellungen.
3. Notieren Sie eine Vorstellung zur Physik, die sich bei Ihnen lange Zeit gehalten hat.

¹ Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

Die Aufgabenstellungen erfordern einerseits die Wiedergabe von Informationen, die in den Lernmaterialien direkt gegeben sind und andererseits eine Vorwissensaktivierung sowie Reflexion wichtiger Ideen, die das Verständnis zentraler Konzepte fördern. Die vermittelten Informationen sind dabei identisch mit Inhalten klassischer fachdidaktischer Einführungsvorlesungen. Allerdings erfolgt über die Lernaufgaben eine stärkere Aktivierung und Individualisierung, als es in einer Vorlesung üblich ist. Die schriftliche Bearbeitung der Vorbereitungsaufgaben ist Teil der Studienleistung und verpflichtend – in der Regel wöchentlich – über eine Lernplattform einzureichen, wird aber nicht benotet.

Die Präsenzphasen finden während der eigentlichen Vorlesungszeit statt. Zu Beginn wird auf die Lernaufgaben eingegangen und Zeit für individuelle Rückfragen eingeräumt bzw. Rückmeldungen zu den Lernaufgaben gegeben. Insofern werden die Lernziele der Vorbereitungsphase auch in den Präsenzphasen adressiert. Der Einstieg in die Präsenzphase sollte strukturiert werden, da auf die Frage „Gibt es Fragen?“ nur selten reagiert wird. Die Präsenzphase zu „Schülervorstellungen“ beginnt daher damit, dass die Studierenden sich mit ihrem Sitznachbarn über „ihre Schülervorstellung“ austauschen, um eine davon auszuwählen, die sie im Plenum vorstellen und zu der sie mögliche Quellen benennen. Eine andere, einfache Möglichkeit zum Einstieg in die Präsenzphase ist, die Studierenden aufzufordern, eine mögliche Prüfungsfrage zu nennen, deren Antwort im Plenum besprochen wird.

Ein weiteres Ziel der Präsenzsitzung ist, dass die Studierenden Schülervorstellungen zu ausgewählten Themen des Physikunterrichts nennen und erkennen können. Dazu lesen sie Texte über Schülervorstellungen zu einem Themengebiet des Physikunterrichts und stellen in einer Tabelle Schülervorstellungen und physikalisch etablierte Vorstellungen gegenüber. Bei dieser Aufgabenstellung profitieren die Studierenden vom Austausch untereinander und mit den Dozierenden, da sie die Schülervorstellungen diskutieren und gegenseitig Fragen klären können. Für die folgende Sitzung gibt es keine vorbereitenden Aufgaben. Sie beginnt mit der Vorstellung der tabellarischen Übersicht, bevor die Studierenden anhand von Textvignetten Schülervorstellungen identifizieren.

Nachdem in der nächsten Sitzung Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen thematisiert wurden, erstellen die Studierenden zum Abschluss der Lerneinheit ein Erklärvideo zum Thema „Schwimmen und Sinken“, in dem zwei Schülervorstellungen adressiert werden und eine Strategie zum Umgang mit Schülervorstellungen eingesetzt wird. Diese verpflichtende, aber unbenotete, Nachbereitungsaufgabe erfordert somit die Anwendung und Synthese des zuvor erworbenen Wissens zu Schülervorstellungen in einer professionsspezifischen Problemstellung.

3. Potentiale für die Lehrkräftebildung

Der Begriff IC legt eine klare Abgrenzung zwischen primär Wissen vermittelnden und primär Wissen anwendenden Lehrveranstaltungen nahe. Eine solch strikte Kategorisierung scheint aus praktischer Sicht jedoch wenig sinnvoll. Vielmehr können unterschiedliche Lehrveranstaltungsarten auf einem Kontinuum zwischen Wissensvermittlung durch Dozierende (Vorlesungen ohne Übungsgruppen) und Wissensan-

wendung durch Lernende (Forschungsseminare, Labor- und Schulpraktika) sinnvoll angeordnet werden. Auf einem solchen Kontinuum sind IC-Veranstaltungen im mittleren Bereich anzuordnen, da sowohl Dozierende über die Bereitstellung der Lernmaterialien und als Feedbackgeber Wissen vermitteln als auch Studierende Wissen bei der Arbeit an Lernaufgaben anwenden (Abeysekera & Dawson, 2015).

Veranstaltungen im IC steigern die Kompetenzorientierung in der Lehrkräftebildung, da sie durch die zentrale Stellung von professionsspezifischen Lernaufgaben weniger auf die reine Rezeption als vielmehr auf die Anwendung von Wissen abzielen. Sind die Lernaufgaben so gestaltet, dass sie eine Verknüpfung von Wissen aus unterschiedlichen Domänen anregen, haben Veranstaltungen im IC zudem das Potential, die Kohärenz zwischen fachlichen und fachdidaktischen Inhalten sowie den Bezug zur Unterrichtspraxis in der Lehrkräftebildung zu steigern (Oettle et al., 2018). Auch eröffnen IC-Veranstaltungen Möglichkeiten zum forschenden Lernen, wenn beispielsweise Studierende in fachdidaktischen Veranstaltungen Lernmaterialien entwickeln, die sie im Praktikum einsetzen, um ihre Wirksamkeit zu prüfen.

Literatur

- Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 34, 1–14. <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336>
- Akçayır, G., & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334–345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Blömeke, S., & Suhl, U. (2010). Modellierung von Lehrerkompetenzen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(3), 473–505. <https://doi.org/10.1007/s11618-010-0130-y>
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Chen, G. (2017). Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review*, 22, 50–73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002>
- Oettle, M., Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S., & Schwichow, M. (2018). Schaffung vertikaler und horizontaler Kohärenz in der Lehrerbildung am Beispiel der Physik. In K. A. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow, & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde* (S. 167–182). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_11
- Spannagel, C., & Freisleben-Teutscher, C. (2016). Inverted Classroom meets Kompetenzorientierung. In J. Haag, J. Weißenböck, W. Gruber, & C. Freisleben-Teutscher (Chairs), 5. *Tag der Lehre an der FH St. Pölten*. Symposium beim Treffen der FH St. Pölten.

Zusatzmaterial: Physikdidaktik



Ein digitales Seminarkonzept zur kooperativen und differenzierten Gestaltung von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht

Vanessa Seremet, Katharina Gierl, Jaar Boskany, Robin Schildknecht, Alexander Kauertz, Sandra Nitz & Andreas Nehring

In einem inklusiven Bildungssystem gemäß Artikel 24 der UN-Behindertenrechtskonvention (United Nations, 2006) finden im Unterricht Lehr- und Lernprozesse von Lernenden mit unterschiedlichen Lern- und Leistungsvoraussetzungen gleichzeitig und gemeinsam statt. Inklusive Schulsysteme können daher nur dann gelingen, wenn Fachlehrkräfte und sonderpädagogische Lehrkräfte kooperieren (Richter & Pant, 2016). Für eine erfolgreiche multiprofessionelle Kooperation beider Professionen ist die Einübung von Kooperationsformen und Kommunikationstechniken erforderlich. So kann die eigene Expertise aber auch die Expertise der Kooperierenden zielführend und situationsgerecht eingebunden werden (Bromme et al., 2003). Vor allem junge Lehrkräfte fühlen sich nicht angemessen auf Inklusion und die damit verbundene Kooperation vorbereitet (Bosse & Spörer, 2014). Bereits in der Ausbildung von Lehrkräften können daher Lerngelegenheiten, die die Kooperation von Fachlehrkräften und sonderpädagogischen Lehrkräften zum Gegenstand machen, hilfreich sein, um sie adäquater auf die Anforderungen einer inklusiven Beschulung vorzubereiten (Hellmich et al., 2017).

Im Rahmen eines Projektes zur „Modellierung, Erfassung und Förderung professioneller Kompetenzen zur Gestaltung inklusiver Lerneinheiten in den naturwissenschaftlichen Fächern“ (GeLernt) wurde ein Seminarkonzept entwickelt und beforscht, welches im Besonderen die multiprofessionelle Kooperation von Studierenden der naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie und Physik) und Studierenden der Sonderpädagogik zur Gestaltung inklusiver Lerneinheiten zum Ziel hat (Schildknecht et al., in Vorbereitung). Bislang wurde das Seminar als Präsenzseminar durchgeführt, was jedoch den Erfahrungen nach durch die Orts- und Zeitgebundenheit erheblich erschwert wurde. Insbesondere im Hinblick auf die individuellen Arbeitsphasen stellt die zeitliche Begrenzung des Präsenzformats ein Hindernis dar. Durch die Übersetzung in ein digitales Format können diese Hindernisse überwunden werden. Ein asynchrones digitales Seminar führt jedoch dazu, dass die Kommunikation zwischen den Studierenden und das Feedback aller Beteiligten nicht unmittelbar erfolgen kann. Damit erhöhen sich die Anforderungen an kooperative Arbeitsphasen und Selbstregulationsprozesse der Studierenden (Schön et al., 2017). Folglich müssen Lösun-

gen entwickelt werden, um die kooperativen Prozesse zwischen den Studierenden zu unterstützen.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Entwicklung und Umsetzung der digitalen Lösungsansätze im Kontext des Seminars darzustellen und deren Wirksamkeit im direkten Vergleich mit dem Präsenzseminar zu belegen.

1. Seminarkonzept des Projektes GeLernt

Das Seminarkonzept umfasst insgesamt vier Module und erstreckt sich über elf Seminarsitzungen à 90 Minuten. Alle Module sind nach den Basismodellen von Oser und Baeriswyl (2001) strukturiert und liefern Grundsteine für die kooperative Entwicklung von Materialien für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Insbesondere wurden dabei die Basismodelle Lernen durch Eigenerfahrung, Konzeptbildung und Problemlösen implementiert. Die Studierenden der Sonderpädagogik und der naturwissenschaftlichen Fächer werden zu Beginn des Seminars in multiprofessionelle Tandems eingeteilt und bearbeiten die Module in gleichbleibender Konstellation. Die Arbeitsaufträge sind an der Peer-Interaction-Methode (PIM) angelehnt (Heeg et al., 2020). Ein wesentlicher Teil der PIM ist die individuelle Arbeitsphase der Kooperierenden, in der sie sich intensiv mit einer Fragestellung und ihrem fachlichen Hintergrund beschäftigen, bevor sie ihre Erkenntnisse im Tandem austauschen und eine gemeinschaftliche Lösung formulieren. Die Arbeitsphasen werden durch Aufgaben in einem Begleitheft und durch die Dozierenden instruiert. Die theoretischen Grundlagen der Module bilden Vorträge der Dozierenden und eine Sammlung an Grundlagenliteratur. Am Ende jeden Moduls werden die Erkenntnisse der Tandems im Plenum diskutiert, reflektiert und erweitert. Abbildung 1 stellt den Aufbau des Seminarkonzepts und dessen zeitlichen Verlauf dar.

Das erste Modul fokussiert das Thema Kooperation und Kommunikation in multiprofessionellen Lehrendenteams und vermittelt den Studierenden erfahrungs- und theoriebasierte Grundkenntnisse für eine konstruktive interdisziplinäre Kooperation im inklusionsorientierten Schulkontext. Dazu gehört zum Beispiel das Kommunikationsmodell des Common-Ground (CG-Modell) (Clark, 1996). Das CG-Modell betrachtet Kommunikation im Kontext einer verschiedenen großen Überschneidung von gemeinsamen Verständnissen und dem Wissen um subjektive, nicht geteilte Verständnisanteile in der Kommunikation und zeigt damit Herausforderungen, Chancen und Lösungen für eine interdisziplinäre Kommunikation auf. Durch die gezielte Reflexion der Kooperations- und Kommunikationsprozesse, wie zum Beispiel der gemeinsamen Diagnose einer authentischen Unterrichtssituation (Videovignette), erkennen die Studierenden, dass die Bereitschaft zur Kooperation und Kommunikation für eine gelingende Zusammenarbeit und für die Erreichung eines gemeinsamen Ziels essentiell ist (Kullmann, 2010).

Das zweite Modul widmet sich u. a. der Erarbeitung und Aktivierung relevanter Fachinhalte der Sonderpädagogik und der Naturwissenschaftsdidaktik sowie der Weitervermittlung der eigenen Expertise. Durch den Austausch über relevante Fach-

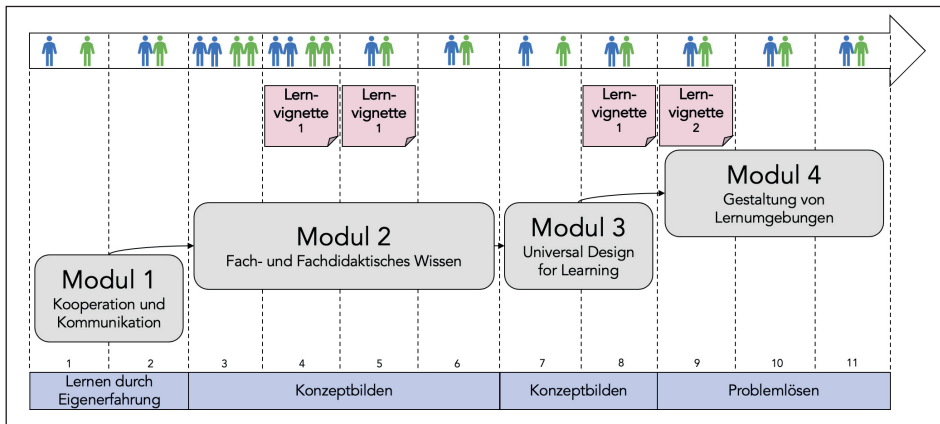


Abb. 1: Seminarkonzept (Schildknecht et al., eingereicht).

inhalte beider Professionen nehmen die Tandems die verschiedenen Kompetenzprofile der Kooperationsbeteiligten zur Kenntnis und erkennen diese an. Basierend auf diesem Austausch- und Kommunikationsprozess diagnostizieren die Studierenden die Videovignette erneut und binden die Perspektiven beider Professionen in die Diagnose ein.

Modul 3 vermittelt das Konzept des Universal Design for Learning (CAST, 2018). Die Studierenden lernen in diesem Modul Barrieren in der Lernumgebung zu identifizieren und erwerben Handlungshinweise zur systematischen Planung und Gestaltung eines universell zugänglichen Unterrichts.

Die in den vorherigen Modulen erarbeiteten Kenntnisse und Strategien befähigen die Studierenden im vierten Modul auf Grundlage einer überfachlichen Kommunikation und kooperativen Diagnose einer Videovignette inklusives naturwissenschaftliches Lernmaterial im Tandem zu entwickeln. Die entwickelten Lernmaterialien werden allen Tandems zugänglich gemacht und anschließend von diesen anhand eines vorstrukturierten Feedbackbogens beurteilt. Abschließend reflektieren die Tandems ihre eigenen Lernmaterialien anhand der differenzierten Rückmeldungen ihrer Mitstudierenden. Eine umfassende Übersicht der einzelnen Module und den konkret zugrunde liegenden Lernzielen ist dem digitalen Anhang zu entnehmen.

Insgesamt sind die Kommunikations- und Kooperationsprozesse der Studierenden Grundpfeiler des Seminarkonzepts. Die Seminardurchführung in Präsenz hat den Vorteil, dass sowohl Kommunikation als auch Feedback durch die Anwesenheit aller Beteiligten unmittelbar stattfinden kann. Dadurch lässt sich unter anderem das Zusammenführen von Arbeitsergebnissen sowie das Öffnen der Diskussion im Plenum durch die Dozierenden leichter moderieren als in einem asynchronen digitalen Lehrformat. Für die Übersetzung in ein digitales Format müssen daher Methoden entwickelt werden, welche die kooperativen Prozesse der Studierenden unterstützen, den Austausch auf die Seminargruppe erweitern und Feedback für die individuellen Arbeitsergebnisse ermöglichen.

2. Digitale Umsetzung der Seminarkonzeption

Die Lernmaterialien der Module sowie die Fragebögen der Begleitforschung wurden digitalisiert und in die webbasierte Lernplattform OpenOlat integriert. Jedes Modul umfasst mindestens einen Dozierendenvortrag in Form eines Screencasts, Video-vignetten, Literatur und ein digitalisiertes Begleitheft mit den Arbeitsaufträgen. Via integrierter kollaborativer Texteditoren (OnlyOffice) können die Begleithefte ohne Installation zusätzlicher Software zur Dokumentation der Arbeitsphasen verwendet werden (Begleitheft Modul 1 im digitalen Anhang¹). Darüber hinaus beinhaltet die Lernplattform für jedes Tandem einen eigenen Gruppenbereich mit den nötigen Werkzeugen zur Planung der Arbeitsphasen (Kalender) und Kommunikation (Video-konferenz Tools, Chat, Forum). Wichtige Nutzungshinweise der Lernplattform und der einzelnen Tools werden den Studierenden in einem Erklärvideo erläutert. Inhaltliche und organisatorische Fragen können über ein Forum geklärt werden. Den Studierenden stehen elf Wochen zur Bearbeitung der Inhalte zur Verfügung. Um die Studierenden bei der Organisation der Kooperationsphasen zu unterstützen, werden ein Zeitplan mit den Veröffentlichungsterminen der einzelnen Lerneinheiten sowie Fristen (Rhythmus zwei bis vier Wochen) für die zu bearbeitenden Aufgaben zur Verfügung gestellt. Die Studierenden haben so die Möglichkeit ihre Arbeitsphasen frei einzuteilen, ohne dass dabei die kooperativen Phasen stagnieren.

2.1 Förderung der kooperativen Prozesse in einer digitalen Lernumgebung

Um die Kooperation der Studierenden zu unterstützen, müssen wesentliche Voraussetzungen erfüllt werden. Hierzu gehört einerseits das Schaffen einer Vertrauensbasis und andererseits die Möglichkeit, dass sich die Kooperierenden mit dem Gruppenziel identifizieren und gleichwertig einbringen können (Villa et al., 2007). Um eine vertrauensvolle Basis der Studierenden unterschiedlicher Studiengänge zu schaffen, sollten sie sich näher kennenlernen. Hierzu drehen die Studierenden ein Kennenlernvideo, in dem sie sich vorstellen, ihre Erwartungen an das Seminar formulieren, ihre Motivation für ihr Studium darlegen sowie Wünsche für eine gemeinsame Kooperation erläutern.

Damit beide Studierende sich gleichwertig in den Arbeitsprozess einbringen und sich mit dem Ziel der Tandemarbeit identifizieren können, werden die Aufgaben derart gestaltet, dass die Expertise beider Personen zur Lösung benötigt wird. Dies wird durch die vorgeschaltete individuelle Arbeitsphase gemäß der PIM unterstützt (Heeg et al., 2020). So wird ermöglicht, dass sich alle intensiv mit den Inhalten auseinandersetzen und in die anschließende Diskussion einbringen können. Sowohl die individuellen Arbeits- als auch die Tandemphasen werden mithilfe der Aufgabenstellungen im Begleitheft angeleitet, um das Wissen der Kooperationsbeteiligten zu aktivieren, zu

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung

externalisieren und die Arbeitsergebnisse zu dokumentieren. Die Begleithefte können dabei als Kooperationsskripts (Kiemer et al., 2020) verstanden werden und liefern Werkzeuge, wie zum Beispiel das CG-Modell, um den Kommunikationsprozess zu systematisieren und zu unterstützen. Darüber hinaus beinhalten sie Prompts, welche die Studierenden dazu anregen, ihre Lernprozesse zu reflektieren. Dadurch können selbstregulierende Fähigkeiten der Studierenden gefördert werden (ebd.). Die Begleithefte werden nach der Bearbeitung zur Einsicht und für den Erhalt eines Feedbacks bei den Dozierenden eingereicht.

2.2 Feedback und Austausch der Arbeitsergebnisse

Das Feedback und die Reflexion der Arbeitsergebnisse werden zur Förderung der Selbstregulation der Studierenden (Hartung, 2017) in der digitalen Umsetzung interaktiv angeleitet. Das bedeutet: Die Studierenden erhalten zunächst von den Dozierenden ein schriftliches Feedback zu den Aufgaben. Dieses Feedback wird direkt in den Dokumenten der Studierenden verfasst, um somit Stärken und Schwächen an den adäquaten Stellen aufzeigen zu können. Somit ist es bei einer nicht zufriedenstellenden Lösung der Aufgabe möglich, das Dokument an die Studierenden zur Überarbeitung zurückzugeben. Auf diese Art und Weise erhalten die Studierenden ein weitaus differenzierteres Feedback als im Präsenzseminar. Darüber hinaus werden bei ausgewählten Arbeitsaufträgen, wie zum Beispiel der Erstellung inklusiver Aufgaben, die Ergebnisse und das Feedback der Dozierenden anonym dem ganzen Kurs in Form einer in html eingebetteten Slideshow zur Verfügung gestellt. Um eine Reflexion der einzelnen Module auf der Ebene des Seminars anzustoßen, werden Karten mit Stichpunkten zum eigenen Lernfortschritt an eine digitale Tafel ‚gepinnt‘ (Technische Umsetzung mittels kollaborativer pptx-Datei).

3. Wirksamkeit der digitalen Lösungsansätze

Das Seminarkonzept wurde in den Lehramtsstudiengängen der Fächer Biologie und Physik im Wintersemester 2019/2020 als Präsenz- und im Sommersemester 2020 als digitales Seminar durchgeführt. Am Präsenzseminar haben 47 Studierende (19 Biologiestudierende; 7 Physikstudierende, 21 Sonderpädagogikstudierende) teilgenommen. Das digitale Seminar hatte 39 Teilnehmende (15 Biologiestudierende; 5 Physikstudierende 19 Sonderpädagogikstudierende). Die Studierenden wurden entsprechend ihres Studiengangs in multiprofessionelle Tandems eingeteilt. In diesen Tandems arbeiteten sie über das Semester hinweg zusammen. In sechs Ausnahmefällen wurden Kleingruppen gebildet (vier Dreiergruppen, eine Vierergruppe, eine Fünfergruppe).

Zum Beginn und zum Ende des Seminars wurde die Bereitschaft zur Kooperation (Hellmich et al., 2017) ($\alpha = .74$) über eine vierstufige Likertskala erhoben. Außerdem wurde nach jedem Modul eine Befragung zur Einstellung und Motivation (vierstufige Likertskala) der in diesem Modul stattgefundenen Kooperation (Weßnigk, 2013) durchgeführt. Diese beinhaltet folgende Subskalen: Wahrnehmener Respekt

($\alpha = .94$), Qualitative Einschätzung der Gruppenarbeit ($\alpha = .86$), Umgang mit Kontroversen ($\alpha = .76$), Teamkommunikation ($\alpha = .88$), Kooperation und Aufgabenverteilung ($\alpha = .85$) und Inhaltliche Schwierigkeiten ($\alpha = .70$).

3.1 Bereitschaft zur Kooperation als Voraussetzung für erfolgreiche Kooperation

Damit die Kooperationsbeteiligten erfolgreich miteinander arbeiten können, ist es von Bedeutung, dass sie mit einer hohen Bereitschaft für eine bevorstehende konstruktive Kooperation in das Seminar gehen (Hellmich et al., 2017). Dies gilt sowohl für das Präsenz- als auch das digitale Seminar. Ein Gruppenvergleich ergab, dass die Studierenden zu Beginn des digitalen Seminars eine signifikant höhere Bereitschaft zur Kooperation aufwiesen als die Studierenden des Präsenzseminars (Tabelle 1.).

Tab. 1: Ergebnisse Bereitschaft zur Kooperation.

Konstrukt	Mittelwert		Standardabweichung	
	Präsenz	Digital	Präsenz	Digital
Bereitschaft zur Kooperation Prä	3,54	3,71	0,45	0,35
Bereitschaft zur Kooperation Post	3,68	3,71	0,45	0,34

Diese hohe Bereitschaft konnte über das Seminar hinweg aufrechterhalten werden, weswegen ein kurzfristiger Neuigkeitseffekt des digitalen Seminars ausgeschlossen werden kann. Die veränderten Bedingungen während der Corona-Pandemie könnten diesen Effekt begünstigt haben, da die Seminarteilnehmenden ihr Studium möglicherweise als bedeutsamer wahrgenommen haben und durch die kurzfristige Digitalisierung der Lehre eine größere Wertschätzung für die Arbeit der Dozierenden aufgebracht haben. Während beim Präsenzseminar eine signifikante Steigerung der Bereitschaft zur Kooperation über das Seminar hinweg erreicht werden konnte, verblieb sie im digitalen Seminar auf gleichbleibend hohem Stand. Nach Frey und Kaff (2014) ist dies ein Hinweis darauf, dass die Studierenden beider Seminare durch das positive Erlebnis auch für zukünftige Kooperationen bereit sind und diesen gegenüber eine positive Einstellung aufweisen.

Der Unterschied zwischen Präsenz- und digitalem Seminar bestand auch zum Ende des Seminars zugunsten des digitalen Seminars, auch wenn dieser nicht signifikant wird.

3.2 Einstellung und Motivation zur stattgefundenen Kooperation

Ein Gruppenvergleich zwischen den Studierenden des Präsenz- und des digitalen Seminars ergab, dass das digitale Seminar nach dem ersten Modul einen Vorteil in Bezug auf die folgenden Subskalen gegenüber dem Präsenzseminar vorweisen konnte:

Tab. 2: Ergebnisse Einstellung und Motivation zur stattgefundenen Kooperation.

Konstrukt	Mittelwert		Standardabweichung	
	Präsenz	Digital	Präsenz	Digital
Teamkommunikation	3,49	3,66	0,43	0,32
Kooperation und Aufgabenverteilung	3,65	3,78	0,34	0,32
Inhaltliche Schwierigkeiten	3,38	3,58	0,55	0,33

Teamkommunikation, inhaltliche Schwierigkeiten und Kooperation und Aufgabenverteilung (Tabelle 2).

Nach allen anderen Modulen, in denen die Strategien und Strukturen zur Gestaltung einer erfolgreichen Kooperation noch angeregt, aber nicht mehr explizit behandelt wurden, gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Einstellung und Motivation der Studierenden des Präsenz- und des digitalen Seminars. Dies lässt darauf schließen, dass besonders die digitalen Maßnahmen im ersten Modul, mit denen eine erfolgreiche Kooperation gezielt unterstützt werden sollte (Kennenlernvideo, Gruppenbereiche, Kooperationsskripts), sowie die explizite Erarbeitung von Strategien in diesem Modul einen positiven Effekt auf die Einstellung und Motivation zur stattgefundenen Kooperation haben und damit günstige Voraussetzungen für die kooperative Zusammenarbeit im digitalen Seminar schaffen. Es bleibt abschließend hervorzuheben, dass es in den restlichen Modulen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Studierenden des Präsenz- und des digitalen Seminars in Bezug auf die Einstellung und Motivation zur stattgefundenen Kooperation gab. Das heißt zusammenfassend, dass trotz der Schwierigkeiten eines digitalen Seminars die Einstellung und Motivation zur Kooperation gleichwertig zum Präsenzseminar waren.

4. Fazit und Ausblick

Die Herausforderungen digitaler Lehre liegen unter anderem in der Gestaltung und Durchführung von Prozessen der Kooperation und des Feedbacks sowie der Förderung von Selbstregulation. Dies wird zusätzlich erschwert, wenn es sich um interdisziplinäre Lehrformate handelt, welche für die erfolgreiche Umsetzung von Inklusion in Schulen notwendig sind (Hopmann et al., 2019). Aus diesem Grund gilt es, digitale Lehr-Lernformate zu entwickeln, die die kooperativen Prozesse zwischen (fachfremden) Studierenden gezielt unterstützen und anregen. Der Vergleich zwischen einem Präsenz- und einem digitalen Seminar zur kooperativen Gestaltung von inklusiven Lerngelegenheiten hat ergeben, dass digitale Seminare trotz der Herausforderungen der Digitalisierung mindestens genauso ertragreich in Bezug auf die kooperativen Prozesse sein können wie Präsenzseminare.

In weiteren digitalen Durchführungen des Seminars soll herausgefunden werden, welche Maßnahmen im Einzelnen die Bereitschaft für Kooperation sowie die Einstellung und Motivation zur stattgefundenen Kooperation positiv beeinflussen. Außerdem wird ein Vergleich beider Seminare in Bezug auf weitere erhobene Daten,

wie die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung zu Inklusion und Naturwissenschaften, das Professionswissen angehender Lehrkräfte und die kooperative Gestaltung von Unterrichtsmaterialien angestrebt, um weitere Hinweise in Bezug auf die Lernwirksamkeit des digitalen Lernformats zu erhalten.

Literatur

- Bosse, S., & Spörer, N. (2014). Erfassung der Einstellung und der Selbstwirksamkeit von Lehramtsstudierenden zum inklusiven Unterricht. *Empirische Sonderpädagogik*, 6(4), 279–299.
- Bromme, R., Jucks, R., & Rambow, R. (2003). Wissenskommunikation über Fächergrenzen: Ein Trainingsprogramm. *Wirtschaftspsychologie*, 5(3), 94–102.
- CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines, Version 2.2. Verfügbar unter: <http://udlguidelines.cast.org>
- Clark, H. (1996). *Using language*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511620539>
- Frey, L. M. & Kaff, M. S. (2014). Results of co- teaching instruction to special education teacher candidates in Tanzania. *Journal of the International Association of Special Education*, 15(1), 4–15.
- Hartung, S. (2017) Lernförderliches Feedback in der Online-Lehre gestalten. In: H. Grieshop & E. Bauer (Hrsg.), *Lehren und Lernen online* (S. 199–217). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15797-5_4
- Heeg, J., Hundertmark, S., & Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning – seven essential features for designing fruitful classroom practices that develop students’ individual conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 765–788. <https://doi.org/10.1039/C9RP00175A>
- Hellmich, F., Hoya, F., Görel, G., & Schwab, S. (2017). Unter welchen Voraussetzungen kooperieren Grundschullehrkräfte im inklusiven Unterricht? – eine Studie zu den Bedingungen der Kooperationsbereitschaft von Grundschullehrerinnen und -lehrern im inklusiven Unterricht. *Empirische Sonderpädagogik*, 1, 36–51.
- Hopmann, B., Böhm-Kasper, O., & Lütje-Klose, B. (2019). Multiprofessionelle Kooperation in inklusiven Ganztagschulen in der universitären Lehre. Entwicklung inklusions- und kooperationsbezogener Einstellungen von angehenden Lehrkräften und sozialpädagogischen Fachkräften in einem interdisziplinären Masterseminar. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, 2(3), 400–421.
- Kierner, K., Wekerle, C., & Kollar, I. (2020). Kooperationsskripts beim technologieunterstützten Lernen. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 305–319). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_29
- Kullmann, H. (2010). *Lehrerkooperation – Ausprägung und Wirkungen am Beispiel des naturwissenschaftlichen Unterrichts an Gymnasien*. Waxmann.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching* (4. Aufl.) (S. 1031–1065). American Educational Research Association.
- Richter, D. & Pant, H. A. (2016). *Lehrerkooperationen in Deutschland. Eine Studie zu kooperativen Arbeitsbeziehungen bei Lehrkräften der Sekundarstufe I*. Bertelsmann Stiftung, Robert Bosch Stiftung, Mercator, Deutsche Telekom Stiftung. Verfügbar unter: <https://www.>

- bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Lehrerkooperation_in_Deutschland_2016_final.pdf
- Schildknecht, R., Nehring, A., Boskany, J., Hundertmark, S., Kauertz, A., Nitz, S., Lindmeier, B., Lindmeier, C., Seremet, V. & Sun, X. (eingereicht). *Gelernt: Ein kooperatives Seminar zur gemeinsamen Vorbereitung von Lehramtsstudierenden der Sonderpädagogik und der Fächer Biologie, Chemie und Physik auf inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht.*
- Schön, S., Ebner, M., Schön, M. & Haas, M. (2017). Digitalisierung ist konsequent eingesetzt ein pädagogischer Mehrwert für das Studium. Thesen zur Verschmelzung von analogem und digitalem Lernen auf der Grundlage von neun Fallstudien. In C. Igel (Hrsg.), *Bildungsräume. Proceedings der 25. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft* (S. 11–19). Waxmann.
- United Nations (2006). *UN-Convention on the Rights of Persons with Disabilities and Optional Protocol.*
- Villa, J.S., Thousand, A. I. & Nevin, R.A. (2007). Collaborative Teaching: Critique of Scientific Evidence. In L. Florian (Hrsg.), *The SAGE Handbook of Special Education*. (S. 417–428). Sage.
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten.* Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Zusatzmaterial: Seminarkonzept



MINTegration – Projektunterricht mit Geflüchteten

Martin Lindner, Teresa Fritsch, Jette Lippmann

Das Projekt MINTegration entstand als Reaktion auf die Flüchtlingskrise 2015. Dabei verfolgen wir zwei Ziele:

- Geflüchteten Kindern und Jugendlichen soll mit einer MINT-Projektwoche nicht nur ein motivierender Unterricht geboten werden, sondern auch eine Begegnung mit den naturwissenschaftlichen Erkenntniswegen ermöglicht werden.
- Lehramtsstudierende an unserer Universität erhalten die Möglichkeit, mit Geflüchteten zu arbeiten und eventuelle Vorbehalte gegenüber anderen Kulturen und Sprachen zu revidieren.

Im Verlauf des Projekts entstand ein drittes Ziel: Wie gelingt ein sprachsensibler Unterricht in MINT, der sowohl die sprachliche Vielfalt, die unterschiedlichen kulturellen Hintergründe sowie die wissenschaftliche Exaktheit berücksichtigt? Die im Projekt MINTegration gewonnenen Erkenntnisse und der Kompetenzzuwachs der Studierenden sind für heterogene und integrative Lernsituationen generell von Bedeutung. Auf dem Weg in eine Migrationsgesellschaft benötigen wir diesbezüglich gut vorbereitete Lehrkräfte.

Für die Jugendlichen wird dabei nicht nur ein interaktives und relevantes Themenspektrum angeboten, bei dem Sprachlernen ermöglicht wird und eine grundlegende Scientific Literacy vermittelt wird (OECD, 2015). Die Themen ermöglichen daneben die Partizipation an der von Naturwissenschaften und Technik geprägten gegenwärtigen Gesellschaft. Mit dem Durchführen von MINT-Projekten soll auch der Berufsbereich vorgestellt und erfahrbar gemacht werden. Gleichzeitig soll durch die Methode des forschenden Unterrichts die Möglichkeit aufgezeigt werden, jegliche Annahmen einer kritischen Reflexion zu unterziehen und die eigenen, experimentell gewonnenen Ergebnisse mit vorherrschenden Aussagen zu vergleichen. Ein Beispiel ist die Messung des Zuckergehaltes von Softdrinks im Vergleich zu als gesund angepriesenen Fruchtsäften (die teilweise mehr Zucker enthalten) und seine Auswirkung auf die Zahngesundheit. Mit dieser Vorgehensweise wird ein emanzipatorischer Ansatz verfolgt, indem er Kinder und Jugendliche mit der Bedeutung (natur-)wissenschaftlicher Argumentationsweisen vertraut macht (Tajmel, 2017).

1. Umsetzung

Die Idee, syrischen geflüchteten Kindern und Jugendlichen in den Flüchtlingscamps in der Türkei wenigstens eine kleine Möglichkeit zum Unterricht zu bieten, wurde mangels einer Finanzierung des Projekts dadurch konkretisiert, dass wir den Unterricht in Willkommensklassen in Sachsen-Anhalt durchführen. Ein mobiles Labor fuhr dafür zunächst zu den Schulen, die solche Klassen eingerichtet hatten und bot eine Projektwoche zum Thema Gesundheit des Menschen an (siehe Programm im Online-Material¹, Abschnitt 1). Das Projekt wurde erweitert, indem auch für die Teilnahme an unseren jährlichen Science Camps in den Sommerferien gezielt geflüchtete Jugendliche angesprochen wurden. Seit zwei Jahren führen wir auch Projektwochen in der Zentralen Aufnahmestelle für Geflüchtete des Landes Sachsen-Anhalt, der ZAST in Halberstadt, durch. Eine zusätzliche Erweiterung erfuhr das Projekt dadurch, dass wir in den Sommern 2017 und 2018 für jeweils 8 Wochen auf der griechischen Insel Samos im dortigen Flüchtlingscamp Projektwochen durchgeführt haben. Das Projekt wird im Wesentlichen durch die Bayer-Stiftung finanziert und von einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin der Biologiedidaktik koordiniert.

Bei der Umsetzung beteiligen wir im Rahmen einer Lehrveranstaltung für angehende Lehrpersonen der Biologie-Projektgruppen aus zwei bis drei Studierenden, die die Themen erarbeiten, durchführen und in der Regel auch evaluieren. Die Umstellung unseres dritten Moduls in der Fachdidaktik Biologie auf Projektunterricht wird bei Lindner (2020) erläutert. Die Methode des projektbasierten Lernens in den Naturwissenschaften ist seit Krajcick und Blumenfeld (2006) hinreichend belegt und sollte auch für die Lehramtsstudierenden Standard werden, zumal auch die Bildungsstandards für die Lehrerbildung eine Vorbereitung auf Projektarbeit voraussetzen (KMK, 2004). Für uns sind die Grundsätze der Selbstbestimmungstheorie der Motivation dabei der wesentliche Bestandteil der Lehre. Diese Theorie wurde unlängst noch einmal einer Revision unterzogen (Ryan & Deci, 2020).

Die Studierenden haben drei Möglichkeiten, im MINTEgrations-Projekt mitzuarbeiten:

- in einem selbst gestalteten Projekt in den Science Camps,
- in einem Projekt in der Zentralen Aufnahmestelle für Flüchtlinge,
- in der kontinuierlichen Arbeit in den Schulen. Hier bilden sich feste Teams, die über Jahre zusammen arbeiten. Für sie ist neben dem Wunsch, Praxiserfahrung zu erweitern, auch der finanzielle Ausgleich für die eingesetzte Arbeitszeit ein Anreiz. Über soziale Medien bleiben die Teams im Austausch und haben Zugriffe auf die hinterlegten Arbeitsmaterialien.

Zunächst erhalten die Studierenden eine Schulung im Umgang mit den Materialien und besprechen die Herausforderungen, auf die sie in der Projektwoche treffen kön-

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

nen. Dazu zählen Grundzüge der Experimente, sprachliche und kulturelle Heterogenität, Ergebnissicherung, oder auch der Umgang mit den digitalen Geräten – alle Schülerinnen und Schüler erhalten für die Projektwoche zur Dokumentation ihrer Ergebnisse iPads, die auch für Recherchen, Übersetzungen und zur Kommunikation zur Verfügung stehen. Kurz vor der ersten Projektwoche hospitiert das zuständige Betreuungsteam in der Klasse und bereitet sich aus den gewonnenen Erkenntnissen auf die Projekttage vor.

Der Einstieg für neu hinzukommende Studierende wird in der Regel so durchgeführt, dass ein erfahrendes Teammitglied und ein Newcomer oder eine Newcomerin zusammen den Unterricht gestalten. In Anschluss an die Projektwoche führt das Team ein Auswertungsgespräch. Hier reflektieren die Studierenden ihre Erfahrungen und notieren Änderungswünsche für sich selbst und für Anpassungen des Ablaufs und des Materials. Wer das erste Mal bei einer Projektwoche dabei war, entscheidet, ob er oder sie weiterhin mitarbeiten möchte.

Bisher haben an den MINTegrations-Projekten rund 1.200 Jugendliche teilgenommen, die von etwa 50 verschiedenen Studierenden betreut wurden.

2. Begleituntersuchungen

- Die Reaktionen der Schülerinnen und Schüler werden durch Fragebögen, durch Einzelinterviews und durch Beobachtungen erfasst, der Spracherwerb auch durch Conceptmaps.
- Die Sprachbewusstheit wird insbesondere im interkulturellen Kontext im Rahmen der vom BMBF geförderten Qualitätsoffensive Lehrerbildung erforscht und die Ergebnisse werden in der Lehrerbildung umgesetzt. Im Rahmen des universitätsweiten Programms „Kasuistik in der Lehrerbildung“ (KALEI, Beschreibung bei Wittek et al., 2020) wird eine Unterrichtssituation aus dem MINTegrations-Projekt ausgewertet, die videografiert wurde (Kupetz & Becker, 2020).
- Die Entwicklung der Motivation und des Selbstkonzepts der Studierenden wird mit Interviews dokumentiert.

3. Ergebnisse

3.1 Reaktionen der Schülerinnen und Schüler

Insgesamt bekommen wir sehr positive Rückmeldungen aus den Projektwochen und den Science Camps. Stellvertretend kann eine Aussage eines 17-jährigen aus Afghanistan stammenden Jugendlichen sein: *„Nun bin ich schon sieben Monate in Deutschland, und dies ist die erste sinnvolle Beschäftigung, die ich erlebe, bei der ich mich ernst genommen fühle“*. Die Interviews, die wir mit den Jugendlichen durchführen, zeigen eine deutliche Akzeptanz des Programms und eine Übereinstimmung mit den von uns intendierten Zielen, die naturwissenschaftlichen Forschungsmethoden im Sinne einer Nature of Science zu verstehen (Mejia & Lindner, in Vorb.). Beobachtungen,

die von einer neutralen Person bei einem Projekttag in der ZAST in Halberstadt auf einem Beobachtungsbogen dokumentiert wurden, zeigen ein differenziertes Bild der Durchführung, die von dem Funktionieren der Experimente und dem sprachlichen Verständnis abhängen (Dagartz & Rogic, 2020). So können Fehlerbetrachtungen aufgrund der Sprachschwierigkeiten viel schwieriger umgesetzt werden als in sprachhomogenen Klassen. In einer anderen Begleitstudie wurde der deutliche Zuwachs an Sprachkompetenz mit Conceptmaps belegt (Lindner et al., 2017).

3.2 Sprachbewusstheit und Sprachbildung der Lehramtsstudierenden

In den letzten Jahren rückt das Thema Sprache im Fach immer mehr in den Mittelpunkt didaktischer Diskussionen (Tajmel & Hägi-Mead, 2017). Entsprechend der geringen Erfahrung im Umgang mit Willkommensklassen sehen sich die Studierenden im Unterricht mit Geflüchteten nicht nur mit einer fachdidaktischen Aufgabe konfrontiert: Die sprachliche Heterogenität stellt sie vor neue Herausforderungen. Häufig kommt es bei den ersten Unterrichtsversuchen auf Grund der Verständigungsschwierigkeiten zu Frustration und einer Tendenz zum Frontalunterricht. Zwischen den Projektwochen wird deshalb in den Schulungen der Teams spezifischer auf sprachliche Themen eingegangen und die Sprachbewusstheit gefördert. Hierbei spielen drei Verfahren eine Rolle: 1. Die Beschäftigung mit dem Arbeitsmaterial und der Reflexion der Reaktionen der Schülerinnen und Schüler nach einer Projektwoche, 2. Auswertung von Videoabschnitten, die die Studierenden von sich selbst gemacht haben, als sie bestimmte Begriffe erklärt haben, 3. Ein Experiment zur Sprachbewusstheit nach Tajmel (2017, S. 283 ff.), dem Seitenwechsel.

Zum ersten Mal während ihres Studiums entstehen Diskussionen über die Herausforderung der deutschen Sprache für geflüchtete Kinder und Jugendliche. Das betrifft beispielsweise Aussprachen, Artikel oder zusammengesetzte Wörter. Aus diesen Erfahrungen heraus hat sich das gesamte Team zugunsten der Einheitlichkeit eine Checkliste für verwendete Arbeitsblätter erarbeitet, die auf den Grundlagen von Leisen (2013) entstand (siehe Online-Support-Material, Abschnitt 2). Zudem arbeiteten die Teams immer häufiger Spiele zur Wortschatzarbeit in die Projektstage ein, die die teilnehmenden Kinder und Jugendliche gerne annehmen.

Bei diesen Diskussionen spielen auch Überlegungen zur Vereinfachung der Sprache auf Kosten der fachlichen Förderung eine Rolle. Oft verändert sich das Material oder der Tagesablauf zugunsten einer besseren sprachlichen Verständlichkeit. Das führt auch zu einer Reduktion des fachlichen Inhalts und teilweise zu einer (fachlichen) Unterforderung der Schülerinnen und Schüler. Deshalb erarbeiten die Studierenden zusätzliche Aufgaben, die sie für fachlich stärkere Jugendliche bereithalten. Da immer zwei bis drei Studierende im Unterricht anwesend sind, teilen sie sich während der Gruppenarbeitsphasen und Einzelarbeit auf unterschiedliche sprachliche Niveaus auf und unterstützen die Kinder und Jugendlichen entsprechend ihrer Bedürfnisse.

Parallel zu den Überlegungen zu einer vereinfachten Unterrichtssprache werden auch die Arbeitsbögen textlich und gestalterisch weiterentwickelt. Beispiele hierfür sind im Online-Supplement-Material (Abschnitt 3) angefügt.

Das oben genannte Forschungsprojekt analysiert anhand eines Videos neben den sprachlichen auch die kulturellen Herausforderungen (Kupetz & Becker, 2020, siehe auch Online-Supplement-Material Abschnitt 4). Dieses Video gibt einen Unterrichtsausschnitt wieder, in dem die Diskussion darum entbrennt, ob während des Ramadans Zahnfärbetabletten gekaut werden dürfen – die Vorbereitenden hatten nicht bedacht, dass es Ramadan ist und von daher ihr Programm nicht angepasst, obwohl ein Großteil der Schülerinnen und Schüler aus Syrien stammt. Für den Fortgang des Unterrichts ist es jedoch wichtig, dass das Experiment gemacht wird.

Die Diskussion wird unter den Schülerinnen und Schülern größtenteils auf Arabisch geführt und führt schließlich zur Verweigerung des Mitmachens am Experiment. Der in diesem Fall unterrichtenden Lehrerin gelingt es jedoch, trotz fehlender Kenntnis des arabischen Diskussionsverlaufs, den führenden Einwandträger wieder einzubinden. Er nimmt an der Auswertung der Ergebnisse des Experiments teil, das von einer freiwilligen nichtmuslimischen Schülerin und den im Unterricht anwesenden Studentinnen vorgeführt wird. Im Vergleich der Äußerungen der Lehrerin mit der einer Studentin zeigt sich hierbei, dass die erfahrene Lehrerin die Einwände besser berücksichtigen kann als die Studentin, die nicht über eine so lange Unterrichtserfahrung verfügt.

Der Videoausschnitt wird von den Kolleginnen auch für Seminare mit anderen Studierenden des Lehramtes zur Heterogenitätssensibilisierung eingesetzt. Die stellvertretende Einnahme der unterschiedlichen Perspektiven von Lehrperson und Schülerinnen und Schülern führt dabei zu grundlegenden Erkenntnissen der Anerkennung unterschiedlicher kultureller Perspektiven und zu wichtigen Schritten der Professionalisierung für eine Migrationsgesellschaft (Kupetz & Becker, 2020).

3.3 Motivation der Studierenden

Wie Deci und Ryan in ihrem jüngsten Review (2020) zu Veröffentlichungen zur intrinsischen Motivation betonen, ist die Realität für Lehren und Lernen immer noch entfernt von dem, was die Selbstbestimmungstheorie der Motivation seit Jahrzehnten belegt.

„Ironically, despite substantial evidence for the importance of psychological need satisfactions in learning contexts, many current educational policies and practices around the globe remain anchored in traditional motivational models that fail to support students’ and teachers’ needs, a knowledge versus policy gap we should aspire to close.“, Ryan & Deci, 2020, S. 1)

Im MINTegrations-Projekt sind die Möglichkeiten zum Kompetenzerleben für die Studierenden hingegen an vielen Stellen offensichtlich gegeben.

Sehr deutlich wurde dieses Kompetenzerleben bei der Organisation der Projektwochen auf Samos, die zahlreiche Herausforderungen in Bezug auf Logistik, Materialbeschaffung, Unterrichtsorganisation und sprachlicher Vielfalt hatten. Angesichts der Not, gerade der unbegleiteten Jugendlichen, aber auch der unter den ausbleibenden Touristen leidenden griechischen Anwohnerinnen und Anwohnern, reflektiert eine Studentin: „Allerdings denke ich, dass ich besser mit der aktuellen wie auch zukünftigen Situation der verstärkten Wanderung durch globale Probleme und dem stetigen Bevölkerungswachstum umgehen kann, nachdem ich live an einem Schnittpunkt der Migration gearbeitet habe“. Aber auch im schulischen Alltag kommt es immer wieder zu Herausforderungen, in denen die Studierenden den Unterricht an unvorhergesehene Situationen anpassen müssen, wie sie etwa im oben geschilderten Beispiel (Abschnitt 4.2) auftreten können. Eine interviewte Studentin erläutert:

„Mir macht am meisten Spaß in dem Projekt, dass die Gruppen- die Klassen, zu denen wir kommen, eigentlich immer anders sind. Man hat jedes Mal neue Herausforderungen, die man meistern muss und die Schüler sind auch jedes Mal anders und reagieren auch immer anders“.

Zudem wird die soziale Eingebundenheit als wichtige Unterstützung wahrgenommen: „Ich finde die tollsten Momente sind eigentlich die Feedbackrunden am Ende der Projektwoche, weil wir dann wirklich erfahren was den Kindern meistens Spaß gemacht hat. Aber sie geben auch Feedback zu uns als Person und Lehrperson“. Das Autonomieerleben schließlich stellt sich durch die relativ große Freiheit ein, die dadurch gegeben ist, dass weder die Unterrichtszeit eng getaktet ist, noch neue Ideen aus dem Grunde ausgeschlossen sind, dass keine Unterrichtszeit mehr zur Verfügung steht. So wurde beispielsweise im Thema Drogen eine Umfrage der Schülerinnen und Schüler unter Passanten durchgeführt.

4. Fazit und Ausblick

Nach fünf Jahren in der Arbeit mit geflüchteten Kindern und Jugendlichen im MINT-Unterricht und in MINT-Projekten können wir feststellen, dass die Arbeit viel leichter ist, als wir es am Anfang gedacht hatten. Die im Unterricht zentralen MINT-Lerngegenstände und die zu ihrer Erschließung notwendige Sprache ergänzen sich auf nahezu ideale Weise. Wir erleben es als sehr organisch, einen Unterricht mit Experimenten, den daraus gewonnenen Ergebnisse und deren Interpretation zu gestalten, der dann zwangsläufig zu einem sprachlich basierten Austausch über das Vorgehen und die Ergebnisse führt.

Die Einbindung von Studierenden des Lehramtes in diese Lernprozesse ermöglicht es für sie, sich frühzeitig an heterogene Lerngruppen zu gewöhnen. Ein frontales Vorgehen ist zwar für die Einführung in bestimmte Unterrichtsabschnitte nötig, beschränkt sich bei dem sehr heterogenen oder auch gar nicht vorhandenen Sprachkompetenzen jedoch auf sehr kurze Phasen und erfordert von vorneherein eine hohe

Anschaulichkeit sowohl in der Sprache als auch in den Anleitungen. Die Hauptphasen mit den Experimenten und der Datengewinnung sind nur in Gruppen- oder Einzelarbeit mit intensiver Unterstützung möglich. Die dafür notwendige Teamarbeit wird von den Studierenden als wesentlich empfunden und kann der späteren Herausbildung eines Einzelkämpfers oder einer Einzelkämpferin im Klassenraum vorbeugen. Somit sind die von der Selbstbestimmungstheorie der Motivation umrissenen Faktoren: Autonomie/Kompetenzerleben/soziale Eingebundenheit ausreichend vorhanden.

Sehr fruchtbar hat sich auch das Ausbilden von Teams aus erfahreneren Studierenden und Neueinsteigenden herausgestellt. Um solche Übergänge zu ermöglichen, ist eine kontinuierliche professionelle Koordination notwendig, die am Lehrstuhl zur Verfügung stehen muss. Sie organisiert auch die Teamsitzungen, sorgt für Materialbeschaffung und die Vernetzung.

Für die Zukunft soll noch stärker in die Weiterbildung von Lehrkräften investiert werden. Die Kombination aus solchen Fortbildungen von Vortragenden aus dem akademischen Bereich mit Studierenden, die aus der Praxis berichten, hat sich dabei bewährt. Damit soll auch ein Beitrag zum Abbau von Vorbehalten gegenüber Migranten geleistet werden, die in den Bundesländern Sachsen-Anhalt und Sachsen noch nicht so zahlreich anzutreffen sind. Solche Vorbehalte werden auch von Lehrkräften transportiert.

Wesentlich aber bleiben zahllose bestätigende Erlebnisse der Studierenden, die Lehrerpersönlichkeiten in ihrem Initialstadium herausbilden, und zwar in Situationen, die in ihrer Heterogenität kaum zu überbieten sind. Sie spiegeln sich beispielsweise in diesem Zitat aus einem Interview: „Ich fand’s immer toll, wie engagiert die Schüler sind ... wie begeistert sie über etwas sind, was wir ihnen beibringen.“

Literatur

- Dagarz, J. & Rogic, I. (2020). „*Bi(o)lingual: Die Vermittlung biologischer Inhalte unter der Berücksichtigung von Sprachbarrieren zur Unterstützung der Kinder und Jugendlichen des Asylheims in Halberstadt*“ Thema: „(Un)gesund: Viren und Bakterien“. Projektbericht Fachdidaktik III, Univ. Halle. 61 S. (unveröff.).
- KMK (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019). Hrsg. Sekretariat der Kultusministerkonferenz.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Hrsg.), (2006). *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 317–34). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>
- Kupetz, M. & Becker, E. (2020). „Interkulturelle Kommunikation im Unterricht“ – Empirische Beobachtungen im Kontext von DaZ als Gegenstand von Fallarbeit in der Lehrer*innenbildung. *ZfZ Zeitschrift für interkulturellen Fremdsprachenunterricht – MehrSprachen Lernen und Lehren* 25/1. Themenschwerpunkt ‚Interkulturalität‘. <https://tujournals.ulb-tu-darmstadt.de/index.php/zif/article/view/1014>

- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis: Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Ernst Klett Sprachen.
- Lindner, M. (2020). Werkstattarbeit in der Biologiedidaktik – Umstellung eines Praktikums auf Projektarbeit. In K. Kramer, D. Rumpf, M. Schöps & S. Winter (Hrsg.), *Hochschulernwerkstätten – Elemente von Hochschulentwicklung? Ein Rückblick auf 15 Jahre Hochschullernwerkstatt in Halle und andernorts* (S. 379–395). Verlag Julius Klinkhardt. https://doi.org/10.35468/5858_31
- Lindner, M., Lippmann, J., Korzeng, A-L., Schewnin, A., Nentwig, S. (2017). Mintegration: STEM Activities for refugee kids. In M. Rusek & K. Vojir (Hrsg.), *Project Based Education in Sciece Education, Empirical Texts*, 15: (S. 29–34). Prague. http://pages.pedf.cuni.cz/pvch/files/2018/05/PBE_2018_final.pdf
- Mejia, A.F. & Lindner, M. (in Vorb.). *Interview-Study with refugee participants at a German Science Camp*.
- OECD (2015). *PISA 2015 Science framework*. <https://doi.org/10.1787/9789264255425-3-en>
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Tajmel, T. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Tajmel, T. & Hägi-Mead, S. (2017). *Sprachbewusste Unterrichtsplanung*. Waxmann.
- Wittek D., Schneider E., Kramer R.T. (2020). Strukturtheoretischer Professionsansatz und Evidenzbasierung? Ein neues Instrument zur Erfassung professionalisierungsrelevanter fachübergreifender Merkmale von Lehramtsstudierenden. In I. Gogolin, B. Hannover, A. Scheunpflug (Hrsg.) *Evidenzbasierung in der Lehrkräftebildung. Edition ZfE*, vol 4. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22460-8_11

Zusatzmaterial: MINTEgration



Diagnostizieren, Fördern, Tutorieren

Ein Seminarkonzept zur Anwendung fachdidaktischer Methoden in Kooperation mit chemischen Fachmodulen

Leonie Lieber, Julia Ortmann, Ira Caspari & Nicole Graulich

Lehramtsstudierende sollen bereits während des Studiums möglichst viele Gelegenheiten haben, Erfahrungen im Bereich des Diagnostizierens, Förderns und Unterrichtens von Lerngruppen zu sammeln. Häufig werden dazu Fachdidaktik-Module mit der Gestaltung und Durchführung von Unterrichtssequenzen in Schülerlaboren oder der Schule kombiniert. Eine bisher ungenutzte Synergie besteht in der Kooperation von Fachdidaktik-Modulen mit Fachmodulen im Fach Chemie und Nebenfach Chemie. In dem hier vorgestellten Modul „Diagnostizieren, Fördern, Tutorieren (DFT)“ werden fortgeschrittene Lehramtsstudierende im Fach Chemie zu Tutorinnen und Tutoren eines Chemie-Fachmoduls. In ihrer Rolle als Tutorinnen und Tutoren betreuen sie in Partnerarbeit Lehramtsstudierende aus dem zweiten Semester in dem Fachmodul „Allgemeine Chemie für das Nebenfach Chemie“. Die Lehramtsstudierenden sammeln so als Tutorinnen und Tutoren selbst Erfahrungen im Diagnostizieren und Fördern einer Lerngruppe und unterstützen gleichzeitig auch Studierende am Anfang ihres Studiums. So profitieren beide Studierendengruppen von dieser Kooperation (Otero et al., 2010). Die Lehramtsstudierenden, die das Modul DFT besuchen, erweitern ihre Kompetenzen in den Bereichen Diagnostizieren, Fördern, Tutorieren. Dabei wenden die Lehramtsstudierenden im DFT-Seminar Methoden und Inhalte aus früheren Fachdidaktik-Seminaren zum einen an und zum anderen bereiten sie neue Methoden auf. Die Tutorinnen und Tutoren erleben durch den pädagogischen Doppeldecker (Wahl, 2013) den Einsatz von Methoden und Inhalten zunächst selbst im DFT-Seminar und können diese dann individuell abgestimmt auf ihr jeweiliges DFT-Tutorium mit den Zweitsemesterstudierenden (im Folgenden nur noch Tutees genannt) anwenden, wodurch direkt eine Erprobung der Methoden und Inhalte stattfinden kann. Die Tutees sind selbst auch Lehramtsstudierende und haben durch die Tutorien die Möglichkeit, nicht nur die Modulinhalte ihres Fachmoduls zu üben und zu festigen, sondern erfahren auch die didaktische Aufarbeitung von Inhalten und deren zielgerichtete Umsetzung in Übungskontexten aus der Lernendenperspektive. Durch gezielte Diagnose kann außerdem eine binnendifferenzierte Förderung in den Kleingruppen der Tutorien stattfinden.

In den folgenden Kapiteln werden Aspekte des Moduls DFT, wie beispielsweise die Nutzung des Förderkreislaufs (Amt für Lehrerbildung, 2011), die fachinhaltlichen und fachdidaktischen Inhalte sowie das Feedback-Seminar, erläutert. Außerdem wurde

der Kompetenzerwerb der Tutorinnen und Tutoren mithilfe von Selbsteinschätzungsbögen festgehalten.

1. Übersicht über das Modul DFT

Fortgeschrittene Lehramtsstudierende im Fach Chemie können DFT als eine von drei Wahlpflichtveranstaltungen in der Didaktik der Chemie wählen. Diese Studierende können das Lehramt für Haupt- und Realschulen, für Gymnasien, für Berufliche und Betriebliche Bildung und für Förderschulen studieren und sollten die vorherigen Chemiedidaktik-Module erfolgreich absolviert haben. Von den Studierenden des DFT-Moduls wird neben der sicheren Beherrschung der Inhalte des Nebenfach-Moduls auch ein hohes Maß an Engagement und Kreativität sowie ein respektvoller Umgang mit den Studierenden erwartet. Die Tutees werden zu Beginn des Semesters über die Möglichkeit der Teilnahme an Tutorien informiert und können diese auf freiwilliger Basis besuchen. Mit den sich findenden Kleingruppen werden Termine für die Tutorien über das Semester verteilt abgesprochen.

Während das DFT-Modul unterschiedliche fachdidaktische und fachinhaltliche Schwerpunkt setzt, liegen der Umsetzung zwei fundamentale Ideen zu Grunde: Zum einen ist der Rahmen, der das gesamte Modul umspannt, der Förderkreislauf, der in Form eines pädagogischen Doppeldeckers umgesetzt wird. Zum anderen wird in der Schwerpunktsetzung der Seminarstunden großer Wert auf das Zusammenspiel von Fachdidaktik und Fachinhalt gelegt.

1.1 Der Förderkreislauf

In den vorangegangenen Chemiedidaktik-Modulen haben sich die Tutorinnen und Tutoren bereits intensiv mit dem Förderkreislauf (Amt für Lehrerbildung, 2011) auseinandergesetzt, haben diesen in konkreten Lehr-Lernsituationen aber noch nicht angewendet. Aus diesem Grund ist der Förderkreislauf ein wichtiger Bestandteil des Moduls DFT.

In Abbildung 1 sind die Phasen des Förderkreislauf dargestellt, die bereits an das Modul DFT – bezogen auf die Tutorien der Tutees – angepasst sind. Die Tutorinnen und Tutoren erleben einzelne Phasen des Förderkreislauf in Form des pädagogischen Doppeldeckers, da sie beispielsweise selbst diagnostiziert werden und Feedback darüber erhalten. Diagnostiziert wird dabei gezielt in Phase 1 und Phase 5 mithilfe von Diagnosebögen, die die Tutees ausfüllen und von den Tutorinnen und Tutoren ausgewertet werden. Dadurch können anfangs Erwartungen und Vorgehensweisen transparent dargestellt werden. In der Abschlussdiagnose kann die Lernausgangslage dann auch im intra- und interpersonellen Vergleich bilanziert und reflektiert werden. Außerdem findet eine anhaltende Diagnose statt, beispielsweise durch Gespräche zwischen Tutorinnen und Tutoren und den Tutees, da das Denken der Tutees sowohl interpretiert als auch gefördert werden muss (Dini, Sevia, Caushi & Orduña Picón, 2020). Eine Förderung findet dann direkt bezogen auf die diagnostizierte Aus-

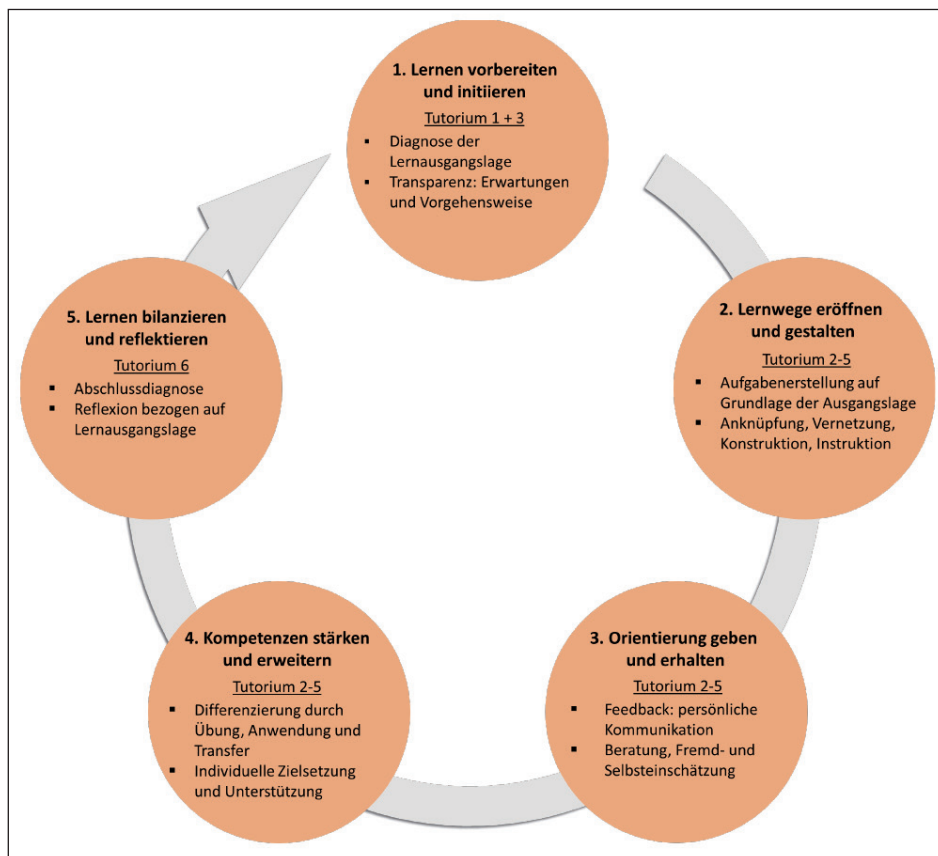


Abb. 1: Angepasste Form des Förderkreislaufs auf das Modul DFT.

gangslage statt, wodurch binnendifferenziert auf das Lernen der Tutees eingegangen werden kann. Dabei werden neue Lernwege eröffnet und gestaltet, um den Tutees eine Orientierung zu geben und die Kompetenzen zu stärken. Das Tutorieren findet dabei in allen fünf Phasen des Förderkreislaufs statt, sodass die Tutees durchweg eine Betreuung erfahren. Durch diese transparente und individuell angepasste Förderung sollen sinnstiftende Lehr-Lernsituationen geschaffen werden, die sowohl zur Weiterentwicklung der Tutees als auch der Tutorinnen und Tutoren führen sollen.

1.2 Fachinhaltliche Schwerpunktsetzung

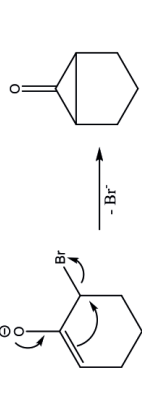
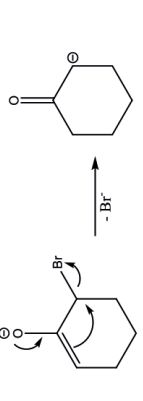
Da das Modul DFT unter anderem als Unterstützung der Nebenfachstudierenden im Fach Chemie entwickelt wurde, zielt die Schwerpunktsetzung der Fachinhalte auf die Themen des Nebenfach-Moduls ab. In diesem Modul beschäftigen sich die Studierenden mit Themen der Anorganischen und Organischen Chemie, die so auch zum fachinhaltlichen Schwerpunkt im DFT-Seminar der Tutorinnen und Tutoren werden.

Zunächst wird im Seminar das Thema pH-Wert behandelt, bei dem die Tutorinnen und Tutoren bei der Umsetzung in den Tutorien nicht nur Wert auf die Vermittlung der einzelnen Formeln für starke und schwache Säuren und Basen legen, sondern auch die Kompetenz durch die Anwendung der Stöchiometrie und der Rechnung mit chemischen Größen stärken, da Studierende häufig Probleme beim Verständnis der Rechnungen aufweisen (Watters & Watters, 2006). Im Kern sollen dadurch nicht nur rechnerische Fähigkeiten unterstützt, sondern vielmehr konzeptuelles und quantitatives Denken verknüpft werden. Im Bereich der Puffer steht in den Tutorien sowohl die Berechnung unterschiedlicher Puffer im Vordergrund als auch die zugrundeliegende Teilchenvorstellung, da in diesem Bereich viele Studierendenvorstellungen dokumentiert sind (Orgill & Sutherland, 2008). Bei den Thematiken von Redox-Reaktionen und dem Löslichkeitsprodukt geht es in den Tutorien um das Erlernen allgemeiner Strategien, sodass auch schwierigere Aufgaben von den Tutees bearbeitet werden können.

Die Schwerpunktsetzung im Bereich der Organischen Chemie orientiert sich an den dokumentierten Lernschwierigkeiten von Studierenden bei der Verwendung des Elektronenpfeilformalismus (Galloway et al., 2017). Es ist ebenso bekannt, dass Studierende häufig Reaktionstypen, wie die nukleophile Substitution, auswendig lernen oder sich an expliziten Reaktionsmerkmalen orientieren. Lernenden fällt es damit schwer ihr Wissen auf neue Kontexte zu übertragen. Im DFT-Seminar wird mit den Tutorinnen und Tutoren erarbeitet, wie Lernende beim Erkennen nukleophiler und elektrophiler Zentren angeleitet werden können und wie die Lernenden dies auf unterschiedlichste Reaktionsmechanismen anwenden können (Anzovino & Bretz, 2015).

1.3 Fachdidaktische Schwerpunktsetzung

Im Bereich der Diagnose und Förderung erleben bzw. festigen die Tutorinnen und Tutoren mithilfe des pädagogischen Doppeldeckers Fachinhalte durch spezifische Methoden wie bspw. Choice²learn (siehe unten) zunächst selbst im DFT-Seminar und wenden sie dann angepasst an die Lehr-Lernsituation in ihren Tutorien selbst an. Im DFT-Seminar wenden die Tutorinnen und Tutoren Übungen zum strukturierten Lesen fachdidaktischer Literatur an, um empirische Forschungsergebnisse für das Erarbeiten und Sammeln z. B. von Schülervorstellungen zu nutzen. Um die Tutorinnen und Tutoren insbesondere in der Umsetzung des ersten und letzten Schritts des Förderkreislaufs in ihren Tutorien zu unterstützen, wird außerdem das Erstellen von Diagnoseaufgaben mit Bezug zur Anorganischen und Organischen Chemie im DFT-Seminar geübt, was die Tutorinnen und Tutoren durch das Erstellen von Diagnosebögen für ihre Tutorien festigen. Prozedurales Problemlösen wird im Sinne der Strategienutzung insbesondere bei den Thematiken des Löslichkeitsprodukts und des Elektronenpfeilformalismus zunächst von den Tutorinnen und Tutoren im DFT-Seminar erprobt und kann dann in den Tutorien angewendet werden. Exemplarisch sollen an dieser Stelle zwei Methoden vorgestellt werden, die die Tutorinnen und Tutoren intensiv in den Seminaren ausprobieren. Zunächst geht es dabei um

Die Korrektheit der mechanistischen Darstellung wird gestärkt / geschwächt durch folgendes Argument unserer Gruppe...	Die Korrektheit der mechanistischen Darstellung wird gestärkt / geschwächt durch die Aussage E, weil...	Die Korrektheit der mechanistischen Darstellung wird gestärkt / geschwächt durch die Aussage F, weil...
	Gestärkt, weil Pfeil vom elektronenreichen Ort ausgeht.	Gestärkt, weil das e-Paar an einer Stelle immer noch am Ursprungsort ist.
	Gestärkt, weil das e-Paar nicht vom elektronenreichen Ort kommt.	Gestärkt, weil das e-Paar an einer Stelle immer noch am Ursprungsort ist.
	Gestärkt, weil das negative Produkt sehr instabil wäre.	Gestärkt, weil das e-Paar an einer Stelle immer noch am Ursprungsort ist.
	Gestärkt, weil die negative Ladung neben einem partiell positiven C-Atom liegt.	Gestärkt, weil das e-Paar nicht mehr mit dem Ursprungsort verbunden ist.

Aussage E stellt Elektronenpaarbewegung dar.

Aussage F Bei der Elektronenpaarbewegung bleibt das Elektronenpaar immer auf einer Seite mit seinem Ursprungsort verbunden.

Abb. 2: Seminaraterial zur methodischen Behandlung von Choice²learn, bei der die Verwendung des Elektronenpfeilformalismus durch Lernimpulse beleuchtet wird.

das Lernen mit Fehlern, bei dem die Tutorinnen und Tutoren Lösungen zu Aufgaben aus vorherigen Semestern erhalten und durch Peer-Review-Prozesse aufarbeiten (Coppola & Pontrello, 2014). Thematisch geht es dabei bspw. um die Verwendung des Elektronenpfeilformalismus oder Reaktionsmechanismen. Durch das Analysieren der Fehler ist es möglich, dass Studierende die Fähigkeit verbessern, inkorrekte Strategien oder alternative Vorstellungen zu erkennen und reflektieren zu können, was das Problemlöseverhalten verbessert (Heemsoth & Heinze, 2014). Die zweite exemplarische Methode ist Choice²learn (Marohn, 2008), welche die Tutoren bei der Thematik der Teilchenvorstellung von Puffern und bei der Verwendung des Elektronenpfeilformalismus anwenden. In Abbildung 2 ist exemplarisch Seminarmaterial von Choice²learn zum Thema Elektronenpfeilformalismus dargestellt. Dabei liegt der Fokus auf Studierendenvorstellungen, die aufgegriffen werden und durch Lernimpulse und Diskussionsprozesse analysiert werden. Dadurch wird den Studierenden ermöglicht, sich nicht nur ihrer eigenen Vorstellung bewusster zu werden, sondern auch, wie man den Vorstellungen anderer begegnet (Marohn, 2008). All diese Methoden werden im Zusammenspiel mit den fachlichen Inhalten vermittelt, wodurch die Tutorinnen und Tutoren eine direkte Anwendbarkeit der Methoden erleben.

2. Exkurs: das Feedback-Seminar

Ein besonderer Aspekt des Moduls DFT stellt das Feedback-Seminar dar, welches unter dem Fokus der Selbst- und Fremdrelexion steht und zur Verbesserung der Handlungskompetenz der Tutorinnen und Tutoren beitragen soll. Dazu werden Videoausschnitte der eigenen Tutorien verwendet, mit denen ein distanzierter Blick auf das eigene und fremde Unterrichten und Unterrichtsverhalten ermöglicht wird (Pauli & Reusser, 2006). Das Feedback-Seminar besteht insgesamt aus zwei Seminarsitzungen und der Videographie eines Tutoriums (siehe Abbildung 3).

Seminarteil A steht unter dem Thema des sinnstiftenden Kommunizierens, welches im Sinne von Meyer (2003) als eine Kommunikationsform verstanden wird, die es den Lernenden erlaubt, neues mit altem Wissen zu verknüpfen und es ihnen ermöglicht, ihre eigenen Ideen und Interessen miteinzubringen. Ziel des Seminarteils A ist es, Kriterien zu finden, Lernsituationen auf sinnstiftendes Kommunizieren hin zu beurteilen. Dazu werden ausgewählte Aufgaben und Ausschnitte aus Gesprächen zwischen Tutees und Tutorinnen und Tutoren aus ehemaligen Tutorien verglichen. Als Methode wird das Nutzen von Fallvergleichen verwendet, welche den Studierenden dabei hilft, spezifische Merkmale solcher Aufgaben und Gespräche besser zu verstehen (Alferi et al., 2013). Ein weiterer Aspekt stellt der Präsentationsstil im Lehrervortrag dar. Hierzu sollen die Studierenden im „Presentation-Style-Activity“ zum einen erfahren, welche Rolle unsere Stimme, Wortwahl, Tonlage und Körpersprache für einen Vortrag spielen, und zum anderen, wie viel Aufmerksamkeit es bedarf, auf solche Sprechausdrucksmerkmale während einer Präsentation zu achten. Für das „Presentation-Style-Activity“ sollen die Studierenden einen Kurzvortrag über ein chemisches Thema vorbereiten. Im Seminar bekommen sie dann eine Karte mit einer

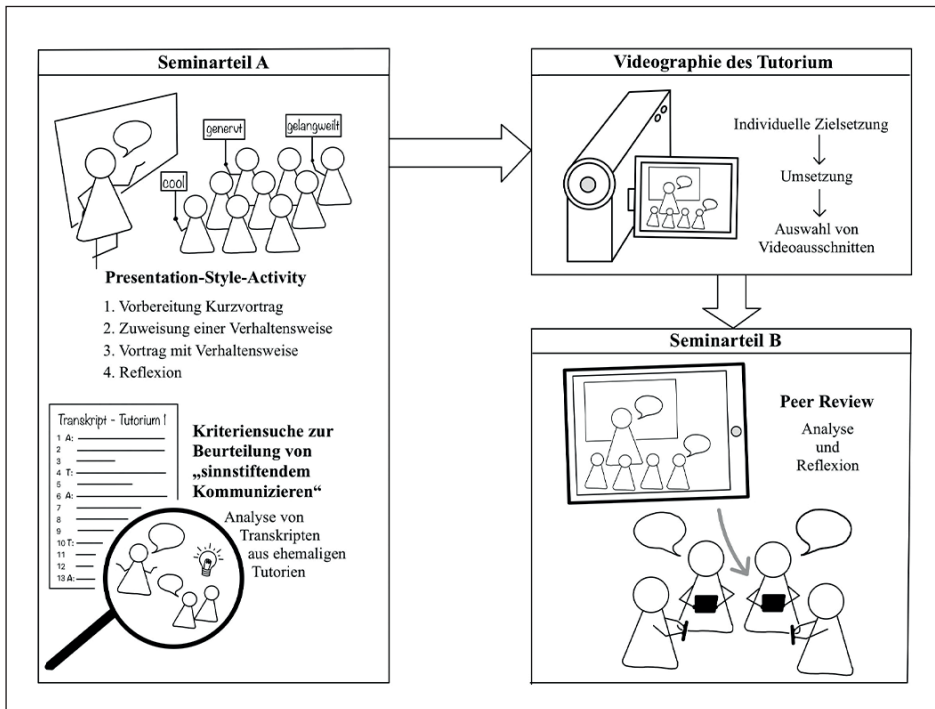


Abb. 3: Gestaltung des Feedback-Seminars.

Verhaltensweise (z. B. wild gestikulieren, monoton sprechen), welche sie während ihres Vortrags annehmen sollen. Im Anschluss an den Vortrag haben die zuhörenden Studierenden die Aufgabe, zu erraten, welche Verhaltensweise angenommen wurde, und zu erläutern, wie dieses Verhalten auf sie gewirkt hat. Im Anschluss wird das Empfinden reflektiert, diese fremde Verhaltensweise anzunehmen.

Als Aufgabe für das videographierte Tutorium sollen die Studierenden zwei Verhaltensweisen auswählen, die sie gerne verwenden oder vermeiden würden. Zudem sollen sie versuchen im Tutorium bewusst Situationen für sinnstiftendes Kommunizieren zu schaffen. Nach dem Tutorium haben sie die Aufgabe ihre videographierten Tutorien auf diese Verhaltensweisen hin zu reflektieren und drei Ausschnitte aus dem Tutorium auszuwählen, von denen mindestens ein Ausschnitt sinnstiftendes und ein Ausschnitt nichtsinnstiftendes Kommunizieren enthält.

Seminararbeit B steht unter dem Thema des Peer-Reviews und hat die Analyse und das Feedback zu den ausgewählten Tutoriumsausschnitten zum Ziel. Aus Forschungen der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen ist bekannt, dass das gemeinsame Reflektieren solcher Videos zum Überdenken und Erweitern der Expertise führt (Wilson & Berne, 2016) und dazu beiträgt, dass die Kommunikation und der Transfer von Forschungsergebnissen über professionelles Lehrerhandeln vereinfacht wird (Pauli & Reusser, 2006).

3. Selbsteinschätzung der Tutorinnen und Tutoren fachinhaltlicher und fachdidaktischer Modulinhalte

Um eine persönliche Entwicklung der Tutorinnen und Tutoren im Rahmen des DFT-Moduls zu erheben, haben sie anonym vor und nach dem Modul Selbsteinschätzungsbögen ausgefüllt, die auf subjektiven Einschätzungen der jeweiligen Studierenden ihrer eigenen Fachkompetenz und fachdidaktischen Methoden basierte. Abbildung 4 zeigt die Verteilung der subjektiven Kompetenzeinschätzung exemplarisch für fünf Fragen. Diese Fragen stellen eine Auswahl dar, decken aber alle Fragebereiche ab. Die Tendenz der gezeigten Antworten stimmt mit den anderen Fragen überein. Die Studierenden haben jede Frage beantwortet, jedoch den Aussagen nicht immer zugestimmt. Es ist zu erkennen, dass die zehn Studierenden ihre Kompetenz zu Beginn (orange) niedriger eingeschätzt haben im Vergleich zum Ende des Moduls (blau). Dabei ist zu unterscheiden, ob Studierende Kompetenzen eingeschätzt haben, die sie bereits im Verlauf weiterer Module vertiefen konnten oder bei denen sie erstmalig die Gelegenheit zur Anwendung hatten. Bei der Bearbeitung von pH-Wert-Aufgaben oder Reaktionsmechanismen hatten die Studierenden bereits Fachmodule, weshalb die Vermutung naheliegt, dass sie ihre Kompetenz in diesen Fachinhalten bereits zu Beginn relativ hoch einschätzen (71,9%–75,0%). Im Vergleich dazu hatten die Studierenden bisher weniger Möglichkeiten der Diagnose der Lernausgangslage und der Erstellung von Diagnoseaufgaben, was sich auch in der Selbsteinschätzung widerspiegelt (34,4%–37,5%). In Bezug auf die fachdidaktischen Fähigkeiten steigerte sich die Kompetenz auf Grundlage ihrer Selbsteinschätzung, besonders beim Diagnostizieren der Lernausgangslage und der Erstellung von Diagnoseaufgaben. In Bezug auf die Verknüpfung von fachinhaltlichen und fachdidaktischen Thematiken äußerte eine Tutorin, dass sie sich im bisherigen Verlauf ihres Studiums entweder mit fachdidaktischen oder fachinhaltlichen Aspekten auseinandersetzen musste. DFT hat ihr dabei nach eigenen Aussagen erstmals die Möglichkeit geboten, diese Thematiken miteinander zu verknüpfen. Neben der Selbsteinschätzung der Modulinhalte haben

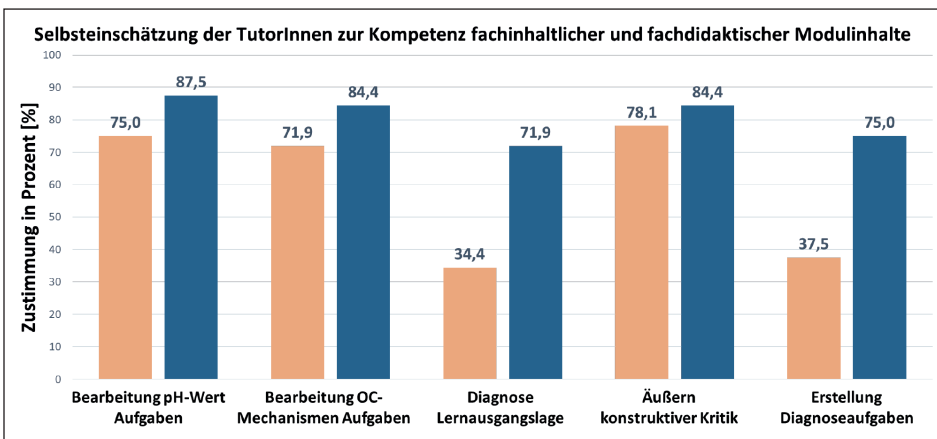


Abb. 4: Kompetenzselbsteinschätzung (N = 10) vor (orange) und nach (blau) dem Modul.

die Studierenden Fragen erhalten, wie sie das Modul evaluieren würden. Neben einer durchweg positiven Einschätzung des Moduls ergab sich beispielsweise eine Zustimmung von 93,4% bei der Frage, ob den Studierenden das Modul DFT für ihre Arbeit im Studium und in der Schule weitergeholfen hat. Mehrere Tutorinnen und Tutoren spezifizierten diese Äußerung damit, dass DFT ihnen einen „Safespace“ geboten hat, in dem sie sich angstfrei bewegen und Lehrerfahrungen sammeln konnten.

4. Fazit

DFT wird als Wahlmodul sehr gut von den Studierenden angenommen, auch wenn der Zeitaufwand und die Eigeninitiative der einzelnen Studierenden mitunter hoch sein kann. Da das Modul DFT anspruchsvoll ist, bekommen die Studierenden zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, sich Hilfe bei der Seminarleitung zu holen und die Materialien und Tutoriumsplanung zu diskutieren. Die Schwierigkeiten, die auftreten, sind in der Regel fachinhaltlicher Natur, da auf diese Thematiken nur aufgebaut wird. Die fachdidaktischen Aspekte sind häufig neu für die Studierenden und werden deshalb detaillierter besprochen. Die Rückmeldung der Studierenden ist dabei durchweg positiv, wobei das Modul immer weiter evaluiert und weiterentwickelt werden muss (Design-Based Research Collective, 2003). Als Seminarleitung ist festzustellen, dass die Tutorinnen und Tutoren innerhalb des DFT-Seminars selbst einige Aha-Momente erleben, wenn sie Fachinhalte durch teilweise neue Methoden aufarbeiten. Dabei werden die Kompetenzen der Studierenden sowohl bezogen auf fachinhaltliche als auch auf fachdidaktische Aspekte gefördert. DFT bietet damit eine gute Möglichkeit, Studierende in der Lehramtsausbildung im Fach Chemie auf das spätere Berufsleben vorzubereiten. Das Prinzip des Moduls kann allerdings auch auf andere Kontexte angewendet werden. Dabei sind der Fachrichtung zunächst keine Grenzen gesetzt, solange erfahrenere Studierende mithilfe des pädagogischen Doppeldeckers sowohl selbst fachinhaltliche und fachdidaktische Aspekte ihrer Fachrichtung erfahren als auch mit unerfahreneren Studierenden in Form von Tutorien erproben können.

Literatur

- Alfieri, L., Nokes-Malach, T. J. & Schunn, C. D. (2013). Learning Through Case Comparisons. A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 48 (2), 87–113. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.775712>
- Amt für Lehrerbildung (2011). *Auf dem Weg zum kompetenzorientierten Unterricht – Lehr- und Lernprozesse gestalten*. Hessisches Kultusministerium.
- Anzovino, M. E. & Bretz, S. L. (2015). Organic chemistry students' ideas about nucleophiles and electrophiles: the role of charges and mechanisms. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 797–810. <https://doi.org/10.1039/C5RP00113G>
- Coppola, B. P., & Pontrello, J. K. (2014). Using errors to teach through a two-staged, structured review: Peer-reviewed quizzes and “What’s wrong with me?”. *Journal of Chemical Education*, 91(12), 2148–2154. <https://doi.org/10.1021/ed500286y>

- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Dini, V., Sevian, H., Caushi, K., & Orduña Picón, R. (2020). Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers. *Science Education*, 104, 290–325. <https://doi.org/10.1002/sce.21559>
- Galloway, K. R., Stoyanovich, C., & Flynn, A. B. (2017). Students' interpretations of mechanistic language in organic chemistry before learning reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 353–374. <https://doi.org/10.1039/C6RP00231E>
- Heemsoth, T., & Heinze, A. (2014). The impact of incorrect examples on learning fractions: A field experiment with 6th grade students. *Instructional Science*, 42(4), 639–657. <https://doi.org/10.1007/s11251-013-9302-5>
- Marohn, A. (2008). „Choice²learn“ –eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 57–83.
- Meyer, H. (2003). Zehn Merkmale guten Unterrichts. Empirische Befunde und didaktische Ratschläge. *Pädagogik*, 10, 36–43.
- Orgill, M., & Sutherland, A. (2008). Undergraduate chemistry students' perceptions of and misconceptions about buffers and buffer problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 131–143. <https://doi.org/10.1039/B806229N>
- Otero, V., Pollock, S., & Finkelstein, N. (2010). A physics department's role in preparing physics teachers: The Colorado learning assistant model. *American Journal of Physics*, 78, 1218–1224. <https://doi.org/10.1119/1.3471291>
- Pauli, C., & Reusser, K. (2006). *Von international vergleichenden Video Surveys zur videobasierten Unterrichtsforschung und -entwicklung*. Weinheim: Beltz.
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Watters, D. J., & Watters, J. J. (2006). Student understanding of pH: “i don't know what the log actually is, i only know where the button is on my calculator”. *Biochemistry Molecular Biology Education*, 34(4), 278–284. <https://doi.org/10.1002/bmb.2006.494034042628>
- Wilson, S. M., & Berne, J. (2016). Teacher Learning and the Acquisition of Professional Knowledge. An Examination of Research on Contemporary Professional Development. *Review of Research in Education* 24(1), 173–209. <https://doi.org/10.2307/1167270>

Historische Experimente in die Lehrkräftebildung integrieren

Michelle Mercier & Peter Heering

Die Geschichte der Physik ist schon seit geraumer Zeit als ein Bestandteil für schulische Bildungsprozesse akzeptiert, wenn auch eher mit ergänzendem denn strukturierendem Charakter. In der Qualifikation von Physiklehrkräften an der Europa-Universität Flensburg hat sie aber eine konstitutive Rolle. Dies zeigt sich bereits darin, dass schon im ersten Semester ein Modul zur Geschichte der Physik im Curriculum verankert ist. In diesem Modul spielen historische Experimente eine zentrale Rolle. Das Teilmodul *Historische Experimentalpraxen* zielt darauf ab, dass die Studierenden noch vor ihrer fachlichen Sozialisation die Gelegenheit erhalten, experimentelle Praxen verschiedener Zeiten kennenzulernen und damit ein Verständnis von physikalischer Erkenntnisproduktion und Physik als kulturelle Aktivität zu entwickeln. Insofern leistet dieser Kurs einen zentralen Einstieg in die Entwicklung eines angemessenen Verständnisses der Physik im Speziellen und der Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, NOS) im Allgemeinen.

Dieser Beitrag stellt vor, auf welchen Überlegungen die Planung dieser Veranstaltung basiert und wie das Konzept umgesetzt wird. Hierbei werden zunächst die Struktur und die zugrundeliegenden Überlegungen dargestellt, ehe exemplarisch an einem der Versuchstermine diskutiert wird, welche Aspekte des historischen Experiments für dessen Einbindung in das Modul wesentlich sind, wie die Studierenden mit den entsprechenden Apparaturen umgehen und welche Erfahrungen sie machen.

1. Vorbemerkung

Die Geschichte der Physik wurde wiederholt als sinnvolle Ergänzung der Lehrkräftebildung vorgeschlagen.¹ Insbesondere an der Universität Oldenburg wurden im Rahmen eines schulbezogenen Laborpraktikums auch einige historische Experimente durchgeführt. Diese Ansätze wurden in der Lehrkräftebildung an der Europa-Universität Flensburg im Bereich der Physik weitergeführt.

Mit einem eigenständigen Modul zur Geschichte der Physik wird einer Forderung der KMK Rechnung getragen: „Die Studienabsolventinnen und -absolventen [...] kennen die Ideengeschichte ausgewählter physikalischer Theorien und Begriffe so-

1 Insbesondere der Einbezug historischer Experimente in Bildungsprozesse war in den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts im deutschen Sprachraum sehr populär (vgl. Heering, 2014).

wie den Prozess der Gewinnung physikalischer Erkenntnisse (Wissen über Physik) und können die gesellschaftliche Bedeutung der Physik begründen“ (Sekretariat der Kultusministerkonferenz, 2019, S. 50). Unser Modul hat ein spezifisches innovatives Potential in zwei Aspekten: Einerseits ist der Anspruch, dass die Studierenden ein grundlegendes Verständnis im Bereich NOS entwickeln, andererseits sollen sie Physik als kulturelle und damit zeitlich gebundene menschliche Aktivität verstehen und nicht als zeitlosen und vom Menschen abgekoppelten Wissensbestand. Dieses Verständnis soll gerade in der punktuellen, exemplarischen Auseinandersetzung mit der historischen Wissensproduktion und den damit verbundenen Methoden entwickelt werden. Beide Aspekte erscheinen aus unserer Sicht zentral für eine Qualifikation angehender Physiklehrkräfte.

2. Die Studienstruktur

Das Physik-Lehramtsstudium an der Europa-Universität Flensburg ist ein Studium sui generis; die meisten Studierenden planen, im Bereich der Sek. I als Lehrkräfte tätig zu sein.² Außerdem zeichnet sich die Physiklehrkräftebildung an der Europa-Universität Flensburg durch zwei weitere Kennzeichen aus: den expliziten Einbezug der Geschichte der Physik und die Betonung von NOS-Aspekten. Beide Elemente werden in den fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Modulen integriert, beide werden aber auch explizit in eigenen Modulen angeboten: Im fünften Semester gibt es das Modul „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ mit einer Vorlesung für Studierende aller drei naturwissenschaftlichen Teilstudiengänge zum Thema NOS. Im ersten Semester wird das Modul „Geschichte der Physik“ verpflichtend angeboten, das im Folgenden diskutiert wird.³

3. Das Modul Geschichte der Physik

Das Modul Geschichte der Physik setzt sich aus zwei Teilen zusammen: einer Vorlesung, in der grundlegende konzeptionelle Entwicklungen aus der Geschichte der Physik in ihren sozialen, kulturellen, philosophischen und historischen Kontext diskutiert werden. Zentral für diesen Beitrag ist das zweite Teilmodul: *Historische Experimentalpraxen*, in dem verschiedene Experimente aus der Geschichte der Physik von Studierenden durchgeführt werden.

-
- 2 Es gibt auch wenige Studierende aus dem berufsbildenden Lehramtsstudiengang, die Physik als allgemeinbildendes Fach gewählt haben und an dem Modul teilnehmen – auf diese wird hier nicht explizit eingegangen.
 - 3 Es werden auch immer wieder Themen für Abschlussarbeiten angeboten, in denen diese Aspekte zentral sind; hierauf kann im Rahmen dieses Beitrags nicht weiter eingegangen werden (siehe Hagendijk et al., 2020 – hier werden auch Experimente in der Chemie diskutiert).

4. NOS und Historische Experimentalpraxen

Als Standard zur Orientierung naturwissenschaftlichen Unterrichts an NOS-Aspekten⁴ lassen sich nach Lederman sieben typische Bereiche identifizieren, die auch für die Konzeption des Moduls wesentlich sind. Verkürzt lassen sich diese mit den folgenden Labeln identifizieren:

1. Vorläufigkeit des naturwissenschaftlichen Wissens
2. Beobachtungen, Schlussfolgerungen und theoretische Einheiten in den Naturwissenschaften
3. Theoriebezogenheit von naturwissenschaftlichem Wissen
4. Kreativität und Vorstellungskraft als Element naturwissenschaftlichen Wissens
5. Soziale und kulturelle Eingebundenheit von naturwissenschaftlichem Wissen
6. Mythos der einen Methode
7. Differenzierung von Theorien und Gesetzen

Zwei Aspekte seien an dieser Stelle noch einmal betont: Zum einen sind die einzelnen Termine an den Studierenden orientiert, d. h. es werden dann explizit NOS-Aspekte reflektiert, wenn von den Studierenden entsprechende Beobachtungen kommuniziert werden. Zum anderen zielt dieses Teilmodul gerade auch auf das kulturelle Verständnis, insofern werden in jeder Sitzung auch explizite historische Verortungen vorgenommen. Es gibt also in der Sitzung jeweils Phasen, in denen experimentiert wird, während in anderen reflektiert bzw. durch die Lehrperson kontextualisiert wird.

Die Inhalte sind daher so ausgewählt, dass verschiedene Aspekte des Experimentierens, aber auch die kulturelle Prägung der jeweiligen Praxis für die Studierenden zugänglich gemacht werden. Damit bildet dieses Modul nicht nur einen Einstieg in die fachliche Sozialisation angehender Physiklehrkräfte, sondern es schafft gerade auch eine erste Möglichkeit zur Reflexion von vermeintlich selbstverständlichen Zugängen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Die Kombination der beiden Teilmodule ermöglicht es den Studierenden, dass sie die kulturelle Bedeutung und Bedingtheit physikalischer Forschung erfassen können.

5. Historische Experimentalpraxen

Das Teilmodul besteht aus fünf zweistündigen Sitzungen. Die folgende Tabelle gibt einen groben Überblick über die Inhalte sowie die für die jeweilige Sitzung zentralen NOS-Bereiche.

Nicht explizit angesprochen wird die Differenzierung zwischen Theorien und Gesetzen; dies wird in der Vorlesung thematisiert. Die fünfte Sitzung dient dann dazu, einen Zugang und Vergleich zu aktueller Forschung zu ermöglichen, der Mythos der einen Methode wird gerade auch im Vergleich der fünf Sitzungen thematisierbar.

4 Für einen Überblick zu entsprechenden Ansätzen siehe Heering und Kremer (2018), ergänzend noch McComas (2020).

Tab. 1: Grober Überblick über die Inhalte der jeweiligen Sitzungen

Sitzung	Thema	Zentrale Aspekte	Zentrale Literatur, NOS-Label
1	Bau eines Gnomons und Bestimmung des wahren Mittags	Verhältnis Instrument und Intention, Notwendigkeit der zielgerichteten Herstellung, Abhängigkeit der Beobachtung	(Evans, 1988), 2, 3
2	Galileis Experiment mit der Fallrinne (Abbildung 1)	Voraussetzungen für Messungen, außerwissenschaftliche Kompetenzen	(Rieß et al., 2006), (Drake, 1975), 2
3	Der elektrische Salon	Kulturelle Einbindung experimenteller Praxis, soziale Prägung, Begriffsbildung, Genderaspekte	(Meya & Sibum, 1987), 1, 3, 4, 5
4	Oersteds und Ampères Arbeiten zur Elektrodynamik	Wird im Folgenden detailliert vorgestellt	(Steinle, 2005), 4
5	Aktuelle physikalische Forschung	Gespräche mit Forschenden, Einblick in Laborpraxis des 21. Jahrhunderts, aktuelle Praxis in historische Perspektive setzen	Exkursion zum Mads Clausen Institute Sønderborg an der Syddansk Universität

Die Inhalte dieses Teilmoduls sind eng mit denen der Vorlesung verknüpft; so werden etwa in der zeitlich auf die Salonexperimente folgenden Vorlesung die sich Ende des 18. Jahrhunderts entwickelnde Kultur der Präzisionsmessung ebenso angesprochen wie die Romantische Physik, die sich im deutschen Sprachraum als Gegenentwurf zur Mathematisierung entwickelte. Gerade aus diesem Spannungsfeld heraus wird deutlich, dass die jeweils in der historischen Situation akzeptierte Form des Experimentierens keineswegs ‚natürlich‘ ist, sondern Resultat eines Diskurses, in dem sowohl innerwissenschaftliche Argumente wie auch soziale Faktoren oder soziologische, philosophische und religiöse sowie weltanschauliche Aspekte eine Rolle spielten.

6. Vierte Sitzung: Anfänge der Elektrodynamik

Die Geschichte der Anfänge der Elektrodynamik zeigt experimentelle Arbeiten, in welchen noch nicht auf stabilisierte Grundbegriffe und Konzepte, wie etwa den Stromkreis, zurückgegriffen werden konnte. Es bedurfte zu Beginn dieses Forschungsbereichs zunächst der Erarbeitung einer ‚Sprache‘, die es ermöglichte, weitergehende experimentelle Fragen zu formulieren, verallgemeinernde physikalische Aussagen zu treffen, generiertes Wissen zu kommunizieren und Instrumente (materialisierte Konzepte) zu konstruieren. Unterschiedliche Experimentierweisen gingen damit einher und veränderten damit auch die Rolle des Experiments in den Arbeiten. Eine The-



Abb. 1:
Experimentieren mit der Fallrinne.
Foto: M. Mercier

matisierung dieser historischen Entwicklungen bietet den Studierenden die Möglichkeit, experimentelles Arbeiten im Hinblick auf unterschiedliche Erkenntnisziele zu untersuchen, Probleme der Kommunikation experimenteller Befunde zu reflektieren und erneut den Zweck eines Experiments zur Erkenntnisproduktion differenzierter zu betrachten.

Es wurde sich im Rahmen dieser Sitzung auf die beiden Fallstudien vom dänischen Naturforscher Hans Christian Ørsted im Juli 1820 und den anschließenden Untersuchungen vom französischen Mathematiker André-Marie Ampère beschränkt. Strukturell ist die Seminarsitzung in drei Phasen unterteilt. Diese Aufteilung erfolgte primär im Hinblick auf die unterschiedlichen Erkenntnisziele, welche in den experimentellen Arbeiten von Ørsted und Ampère verfolgt wurden und diese in methodischer Hinsicht prägten (vgl. Steinle, 2005). Im Folgenden werden die für die Seminargestaltung zentralsten historischen Aspekte der jeweiligen Fallstudien in Bezug auf das experimentelle Arbeiten skizziert, die konkrete Seminargestaltung beschrieben und gesammelte Erfahrungen bei der Implementierung diskutiert.

6.1 Seminarphase I:

Ørsteds Entdeckung einer elektromagnetischen Wirkung

Ørsted hatte 1820 erstmalig eine Wirkung von Elektrizität (Galvanismus) auf Magnetismus nachgewiesen. Einen Bericht seiner experimentellen Untersuchungen versandte er an viele renommierte Forscher in ganz Europa. In den darin beschriebenen Experimenten untersuchte er die elektromagnetische Wirkung auf eine Magnethnadel und variierte neben der Stromrichtung insbesondere die räumliche Konstellation von

Draht und Nadel. Ørsted wollte keinen Strombegriff verwenden, da er die Wirkung auf eine Magnetnadel im Raum um den Draht untersuchte und argumentierte daher mit der Polarität der Batterie. Zudem konnte er die Auslenkung der Magnetnadel nur in Bezug zu Himmelsrichtungen beschreiben, was keine allgemeinen Aussagen über die Wirkung zuließ.

Nach einer kurzen historischen Kontextualisierung führen die Studierenden die Experimente auf Grundlage einer deutschen Übersetzung des originalen Berichts Ørstedts durch.⁵ Diesen bekommen sie im Vorfeld zur Verfügung gestellt mit der Aufgabenstellung, eine ‚moderne‘ Versuchsanleitung zu formulieren. Neben Fragen, welche auf die Bedingungen für eine Wiederholbarkeit der von Ørsted beschriebenen Experimente abzielen (mögliche Störfaktoren und Bedingungen für die Beobachtung und Stabilisierung des Effekts), sollen die Studierenden in der ersten experimentellen Arbeitsphase der Frage nachgehen, wie Ørsted die Geometrie vom Verhalten der Magnetnadel beschrieb. Die Orientierung an Himmelsrichtungen ist für die Studierenden zunächst ungewohnt und ein Verständnis wird in der Regel erst beim Experimentieren gewonnen. Die Schwierigkeiten liegen zum einen darin, zu verstehen, wie die Apparatur – damit sind alle Bestandteile und auch ihre Konstellation im Raum gemeint – aufgebaut werden muss. Zum anderen ist eine Beobachtung der von Ørsted beschriebenen Phänomene eben auch nur dann möglich, wenn der experimentelle Aufbau wie bei Ørsted erfolgt, da er auch die Wirkung in Bezug zu den Himmelsrichtungen beschrieb und damit nicht unabhängig von der Apparatur. Dass die Studierenden erfahren, dass es sich bei Ørstedts Beschreibungen der Wirkung nicht um allgemeine Aussagen handelt und im Fehlen von Konzepten zur räumlichen Orientierung und Begriffen begründet liegt, stellt eines der zentralen Erkenntnisziele in der ersten Phase dieser Sitzung dar und wird im Anschluss an die experimentelle Phase diskutiert.

6.2 Seminarphase II: Ampères Vorversuche (Teil I)

Die Befunde Ørstedts stellten die damaligen Naturforscher in Frankreich vor große Herausforderungen. Dass die Orientierung der Wirkung nicht in Richtung des Drahtes verlief, sondern senkrecht zu dieser, widersprach der in Frankreich damals vorherrschenden Theorie von Zentralkräften (bspw. die Gravitationskraft oder die von Coulomb mathematisierte elektrostatische Wechselwirkung) – hier spielte nur die Entfernung eine Rolle. Es fehlte sowohl ein theoretisches Konzept zur Erklärung der experimentellen Befunde als auch eine Sprache zur Formulierung phänomenologischer Regeln. André-Marie Ampère war Mitglied der Pariser Akademie der Wis-

5 Der Bericht Ørstedts ist in Ørsted (1895) zu finden. Eine Durchführung der Versuche stellt auf apparativer Ebene keine großen Herausforderungen dar. Hierfür werden lediglich eine herkömmliche Spannungsquelle (DC; 3V), Kabel, eine Magnetnadel und ein Nadelhalter (ggf. reicht auch ein einfacher Kompass) sowie zwei Isolierstäbe (z.B. Holtzsche Klemmen) benötigt.

senschaften und widmete sich nach Kenntnis von Ørsted's Befunden diesem neuen Forschungsfeld. Seine ersten experimentellen Arbeiten waren auf eine nähere Untersuchung der von Ørsted beschriebenen Phänomene gerichtet und die Suche nach allgemeinen phänomenologischen Regeln. Dies verfolgte er experimentell durch systematisches Variieren möglichst vieler Parameter, wie beispielsweise das Material und die Größe der Nadel. Um die Phänomene sprachlich allgemeiner und eindeutig beschreiben zu können, erarbeitete und stabilisierte er zudem experimentell Begriffe wie die Stromrichtung, rechts und links vom Strom, sowie den Stromkreis. In dieser experimentellen Arbeitsperiode Ampères spielten theoretische Erkenntnisziele keine Rolle.⁶

In der zweiten Seminarphase wird den Studierenden Ampères experimentelle Erarbeitung der Begriffe und damit verbundene konzeptionelle Entwicklungen vorgestellt. Seine beim Experimentieren verfolgten Erkenntnisziele (Erarbeiten von Begriffen und Konzepten; Formulierung allgemeiner phänomenologischer Regeln), sein methodisches Vorgehen (systematisches Variieren vieler Parameter) und die Rolle des Experiments (konstruktiv) werden dabei insbesondere diskutiert. In dieser Seminarphase wird auf ein experimentelles Arbeiten der Studierenden verzichtet, da es methodisch nicht wesentlich zum Verständnis dieser Entwicklungen beiträgt und aus zeitlichen Gründen hier am ehesten auf den Einsatz von Experimenten verzichtet werden kann.

6.3 Seminarphase III: Ampères Vorversuche (Teil II)

Ampère führte seine experimentellen Arbeiten fort, nun aber mit einem anderen Erkenntnisziel. Er entwickelte die Hypothese, dass magnetische Effekte auf elektrische Kreisströme in den Magneten zurückgeführt werden könnten und folgerte, dass sich dann auch zwei stromdurchflossene Leiter wie zwei Magnete verhalten müssten. Die folgenden experimentellen Arbeiten Ampères waren mit einem theoretischen Konzept verknüpft und dem Ziel, einen experimentellen Nachweis für die Hypothese zu erbringen. Dies prägte sowohl die hierfür konstruierte Apparatur als auch das Laborgeschehen. Zentraler Bestandteil der Apparatur waren zwei Spiralen oder Spulen aus Draht, in Analogie zu Magneten. Bei seinen Untersuchungen veränderte er die Windungsrichtung der Spiralen, die Anzahl und Form der Windungen (Spirale oder Spule), die Art der Aufhängung der Spiralen, die Stromrichtung und die Größe der Batterie (Stromstärke). Diese experimentelle Arbeitsphase Ampères war durch viele Veränderungen einzelner Bestandteile der Apparatur gekennzeichnet, wenngleich der

6 Steinle beschreibt die experimentelle Arbeitsweise Ampères in dieser Phase, in der das Ziel in einer Erarbeitung von ‚Begriffen‘ und experimentellen Techniken bestand, als exploratives Experimentieren. Im Gegensatz hierzu erfolgen Ampères spätere Arbeiten theoriegeleitet – beide Begrifflichkeiten werden auch den Studierenden gegenüber eingeführt.

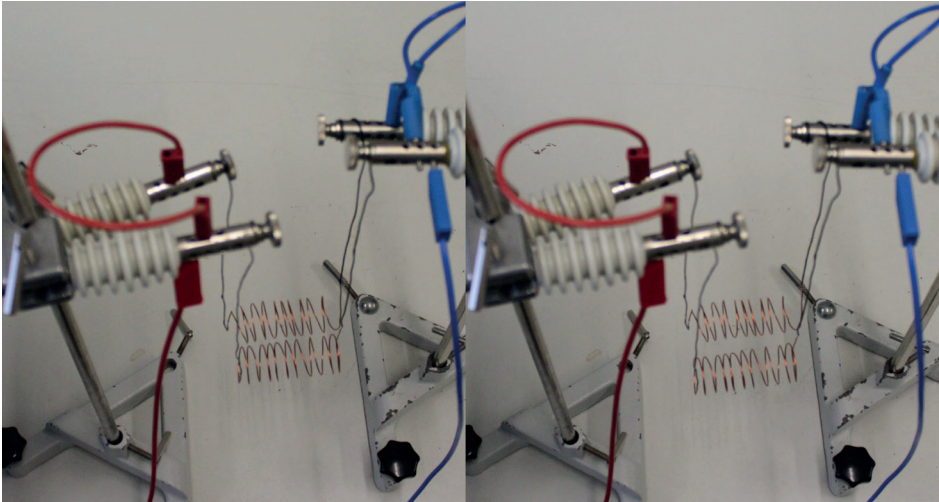


Abb. 2: Wechselwirkung der Spulen (links ohne Stromfluss, rechts mit). Foto: R. Stachowitz

Grundtyp dabei im Wesentlichen unverändert blieb – die Apparatur stellte eine Materialisierung seiner Hypothese dar.

Zu Beginn dieser dritten Seminarphase wird Ampères Idee einer Kreisstromhypothese skizziert, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, seine Konstruktion der Apparatur als eine Materialisierung eines Konzepts zu verstehen. Anschließend werden ihnen verschiedene Spiralen und Spulen zur Verfügung gestellt sowie ein Netzteil (30A). Die Studierenden sollen zunächst verschiedene Parameter der Apparatur systematisch variieren und Bedingungen ausfindig machen, welche eine Beobachtung des gewünschten Effekts ermöglichen bzw. begünstigen. Ein möglicher Aufbau ist in Abbildung 2 zu sehen.

Abschließend wird die Frage gestellt, wie die beobachtbaren Phänomene zu erklären sind. Die Wechselwirkungen mit theoretischen Konzepten zu erklären bereitet den Studierenden meist Schwierigkeiten. Dies liegt nicht im Fehlen eines adäquaten physikalischen Konzepts begründet, sondern in der komplexen geometrischen Anordnung und Wechselwirkung vieler Ströme. Die Ampèresche Stromwaage, welche Ampère im Anschluss an diese Phase experimentellen Arbeitens konstruierte und eine Demonstration der Wechselwirkung mit zwei geradlinigen Leitern ermöglichte, wird abschließend vorgestellt.

Schlussbemerkungen

Zwei Aspekte erscheinen aus unserer Sicht wesentlich, um mit einer derartigen Veranstaltung zur Entwicklung eines angemessenen Verständnisses über Physik beizutragen: Zum einen ist dies die angemessene Auseinandersetzung mit der historischen Entwicklung, die gerade nicht auf der Ebene von Pseudogeschichte oder Anekdoten verbleibt. Durch die Kombination aus differenzierter historischer Kontextualisierung

und Auseinandersetzung mit materiellen Objekten und performativen Aspekten der Praxis (und der Kommunikation über Praxis) kann eine explizite Reflexion der Entstehungsbedingungen physikalischer Konzepte und Gesetze gelingen.

Auch wenn derartige Einsichten in die historische Entwicklung zu einem angemessenen Verständnis über Physik im Sinne der NOS-Ansätze beitragen, so ist dies aus unserer Sicht nicht hinreichend, um die Zielsetzungen des Moduls zu erreichen. Es gibt eine Reihe von Studien, die belegen, dass für die Entwicklung eines angemessenen Verständnisses im Bereich NOS die explizite Reflexion der jeweiligen Sachverhalte erforderlich ist (vgl. Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Insofern ist auch die explizite Reflexion der historischen Inhalte nicht hinreichend, um hier das zweite zentrale Ziel des Teilmoduls zu erreichen. Aus diesem Grund haben die Studierenden nach den ersten drei experimentellen Sitzungen ein kurzes Essay zu verfassen, in dem bestimmte Aspekte des Versuchstermins thematisiert werden sollen, wobei diese Themenstellung gerade auch Aspekte aus dem Bereich NOS beinhaltet. Diese Essays werden mit den Studierenden besprochen, so dass hier die erforderliche explizite Reflexion sichergestellt ist.

Entsprechend ist dann auch die Modulprüfung konzipiert, die Studierenden schreiben ein Essay über ein ihnen fremdes historisches Objekt, das sich in einem Museum befindet. Im Rahmen des Essays werden sowohl das Objekt selber und dessen Funktionsweise beschrieben, dessen Bedeutung in der Geschichte der Physik diskutiert und auch die Inszenierung in der Ausstellung thematisiert. Die meisten Studierenden erstellen ihr Essay im Rahmen einer einwöchigen Exkursion an das Deutsche Museum München, alternativ können Objekte im Steno Museet Aarhus oder im Hauchs Physiske Cabinet in Sorø als Grundlage für ein Essay verwendet werden.

Literatur

- Drake, S. (1975). The Role of Music in Galileo's Experiments. *Scientific American*, 232(6), 98–104. <https://doi.org/10.1038/scientificamericano675-98>
- Evans, J. C. (1998). *The History & practice of ancient astronomy*. Oxford University Press.
- Hagendijk, T., Heering, P., Principe, L. M., & Dupré, S. (2020). Reworking Recipes and Experiments in the Classroom. In M. Stols-Witlox, J. Kursell, P. S. Lulof, A. Harris, & S. Dupré (Hrsg.), *Reconstruction, replication and re-enactment in the humanities and social sciences* (S. 199–224). Amsterdam University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1bofvx7.11>
- Heering, P. (2014). Historical Approaches in German Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10, 229–235.
- Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–119). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_7
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551–578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- McComas, W.F. (2020). *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6>

- Meya, J., & Sibum, H. O. (1987). *Das fünfte Element*. rororo.
- Oersted, H. C. (1895). Versuche über die Wirkung des elektrischen Conflicts auf die Magnetnadel. In A. J. v. Oettingen (Hrsg.), *Zur Entdeckung des Elektromagnetismus: Abhandlungen von Hans Christian Oersted und Thomas Johann Seebeck* (S. 3–8). Wilhelm Engelmann.
- Rieß, F., Heering, P., & Nawrath, D. (2006). *Reconstructing Galileo's Inclined Plane Experiments for Teaching Purposes* [Online]. Proceedings der Eighth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference. https://www.researchgate.net/publication/254334167_Reconstructing_Galileo%27s_Inclined_Plane_Experiments_for_Teaching_Purposes
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Steinle, F. (2005). *Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Steiner.

Aktuelle molekularbiologische Themen in der Schule vermitteln lernen

Verzahnung von Professionswissen und explizite Thematisierung von NoS/NoSI

Janne-Marie Bothor, Monique Meier, Katharina Gimbel & Kathrin Ziepprecht

Naturwissenschaftliche Grundbildung umfasst neben dem Fachwissen auch ein Verständnis fachbezogener Denk- und Arbeitsweisen (KMK, 2005). Daher gewinnt die Beschäftigung mit *Nature of Science* (NoS) und *Nature of Scientific Inquiry* (NoSI) im naturwissenschaftlichen Unterricht zunehmend an Bedeutung (Schwartz et al., 2004). Die Konzepte NoS und NoSI beziehen sich auf Überzeugungen, die Personen zu Aspekten naturwissenschaftlicher Forschung wie bspw. zur Rolle der Kreativität haben. Aufgrund der Bildungsrelevanz des Themas benötigen Naturwissenschaftslehrkräfte ein fundiertes Wissen in Bezug auf den Umgang und die Vermittlung bzw. Thematisierung von NoS und NoSI im Unterricht (KMK, 2008). In der ersten Phase der Lehrkräfteausbildung sollten Lehr-Lerngelegenheiten geschaffen werden, die eine praxisnahe Vermittlung, Förderung und Anwendung von NoS- und NoSI-Aspekten aus einer Lehrenden- und Lernenden-Perspektive ermöglichen. An dieser Stelle setzt das Projekt *Contemporary Science@school* (Qualitätsoffensive Lehrerbildung) an. Im Beitrag wird eine Lernumgebung vorgestellt, in der professionelle Überzeugungen zu NoS und NoSI von Biologielehramtsstudierenden anhand von molekularbiologischen Forschungsthemen und -methoden (z. B. genetischer Fingerabdruck) gefördert werden und in der die Studierenden zudem Fachwissen zum Thema Molekularbiologie und fachdidaktisches Wissen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erwerben sollen. Das Wissen wird in verzahnter Form dargeboten, um eine Vernetzung der unterschiedlichen Wissensbereiche aus Fach und Fachdidaktik zu ermöglichen. Die Lernumgebung enthält drei konzeptionelle Säulen, von denen die ersten beiden im Beitrag eingehender beschrieben werden. Innerhalb von *Säule 1* sollen den Studierenden die eigenen Überzeugungen zu NoS und NoSI durch eine *explizite Thematisierung* am Beispiel molekularbiologischer Forschung bewusst gemacht werden (Abschnitt 2.1). Als *Säule 2* wurde in der Lernumgebung die *Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen* als Kooperation zwischen Fach (Fachgebiet Entwicklungsgenetik, Schüler- und Öffentlichkeitslabor Science Bridge e. V.) und Fachdidaktik (Fachgebiet Didaktik der Biologie) angelegt (Abschnitt 2.2). Im Rahmen der *Säule 3 – Lehr-Lern-Labor-Arbeit* – werden das Wissen aus Fach und Fachdidaktik sowie die NoS- und NoSI-Überzeugungen in die Entwicklung, Durchführung und Refle-

xion einer Lehr-Lern-Labor-Einheit (= Labortag) zu einem molekularbiologischen Kontext mit Lernenden der gymnasialen Oberstufe eingebracht. Auf diese Weise wird das entwickelte Lehr-Lernmaterial von den Studierenden angewandt (siehe Tabelle 2) und dient der Unterstützung der Lernenden bei der praktischen Durchführung der molekularbiologischen Methoden.

1. Theoretische Grundlagen zu NoS und NoSI

Die Begriffe NoS und NoSI bezeichnen zwei eng verwandte Konzepte, die einander ergänzen (Lederman et al., 2014). NoS betont dabei stärker die Epistemologie (Erkenntnistheorie – umfasst u. a. die Voraussetzungen von Erkenntnis und das Zustandekommen von Wissen), während NoSI eine Art Metawissen zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess beschreibt. Entsprechend der epistemologischen Basis liegt der Fokus bei NoS auf den Charakteristika naturwissenschaftlichen Wissens. Diese werden in Zusammenhang mit der Entstehung dieses Wissens in den Blick genommen (Lederman et al., 2014). NoS umfasst die drei Kerndimensionen (a) *Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen*, (b) *die naturwissenschaftlichen Methoden* und (c) *den Einfluss von Institutionen und sozialen Praktiken auf die Wissenschaft* (für eine Übersicht siehe Müller et al., 2020). Als zentral für die Kerndimensionen beschreiben u. a. Urhahne et al. (2008) sowie Riese und Reinhold (2010) die Frage nach der Herkunft, Entwicklung, Empirie und Sicherheit des naturwissenschaftlichen Wissens (a), Vorstellungen zum Vorgehen bei einer naturwissenschaftlichen Untersuchung und zur Rolle von Kreativität und Vorstellungskraft (b) und Ideen zu Strukturen von wissenschaftlichen Communities und den äußeren Rahmenbedingungen, die für die Genese naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bedeutsam sind, wie z. B. die gemeinsame Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Arbeitsgruppen und Forschungsverbünden (c). NoSI nimmt die Charakteristika der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in den Blick, wie die Instrumente, Methoden und Vorgehensweisen zur Genese und Bewertung wissenschaftlicher Erkenntnisse (Lederman et al., 2014; Schwartz et al., 2004). Als zentral für NoSI wird das Wissen über die verschiedenen Schritte im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, d. h. über Forschungsfragen, -designs, die Datensammlung und -analyse sowie über die Interpretation, beschrieben (Lederman et al., 2014; Schwartz et al., 2004).

Untersuchungen deuten darauf hin, dass angehende Naturwissenschaftslehrkräfte nicht über professionelle NoS- und NoSI-Überzeugungen verfügen (u. a. Arndt et al., 2020; Lederman & Lederman, 2014) bzw. dass selbst solche mit adäquaten Überzeugungen nicht in der Lage sind, NoS und NoSI in die eigene Unterrichtspraxis zu integrieren (u. a. Bartos & Lederman, 2014). Als wirkungsvoller Ansatz, um professionelle NoS- und NoSI-Überzeugungen zu fördern, hat sich eine explizite Thematisierung der oben beschriebenen Aspekte erwiesen (u. a. Gimbel & Ziepprecht, 2018; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Krell et al., 2015).

Die Verzahnung von Professionswissensbereichen wird als Möglichkeit zur Schaffung von vernetztem Professionswissen diskutiert (siehe hierzu Hellmann et al., im

Druck) und curricular sowie strukturell vielfältig umgesetzt (u. a. Ziepprecht & Meier, 2021; Bikner-Ahsbals, 2020). Für einzelne verzahnende Ansätze konnte bereits gezeigt werden, dass diese zu einem Anstieg von vernetztem Wissen führen (Grospietsch & Mayer, 2018), bzw. dass beim Vergleich mit einer nicht verzahnten Vermittlung eine höhere Wissenssteigerung bei den Studierenden zu verzeichnen ist (u. a. Gimbel & Ziepprecht, 2018).

2. Beschreibung der Lernumgebung

Durch einen zunehmenden Einbezug der Konzepte NoS und NoSI (*Säule 1*) in Fach und Fachdidaktik (*Säule 2*) wird als übergeordnetes Ziel der im Folgenden beschriebenen Lernumgebung die Förderung professioneller Überzeugungen (siehe hierzu u. a. Gimbel et al., 2021), d. h. eine Annäherung an die naturwissenschaftliche Realität, verfolgt. Eine Übersicht über die Ausgestaltung der drei Säulen innerhalb der Lernumgebung findet sich in Tabelle 1; ausführliche Beschreibungen zu *Säule 1* und *2* sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

2.1 Explizite Thematisierung von NoS und NoSI

„Mit CRISPR/Cas lassen sich alle medizinischen Probleme einfach lösen.“

„Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.“

In der Einstiegsphase werden die Studierenden in Kleingruppen dazu aufgefordert, zu diesen und weiteren fachbiologischen und -methodischen Thesen zu naturwissenschaftlicher Forschung und ihren fachlichen Erkenntnissen (s. Onlinematerial A¹) Argumente zur Annahme oder Ablehnung der Thesen (z. B. „*Es gibt Fragen die noch nicht beantwortet werden können, da die Methoden dafür fehlen*“ – Gegenargument von Studierenden zu These 2) zu formulieren. In einer Zusammenführung dessen werden übergeordnete Argumentationskanäle für die erkenntnistheoretische Entwicklung von Wissen und Theorien (z. B. Evidenzen, Logik) identifiziert. Zentrales Anliegen hierbei ist ein Bewusstmachen des eigenen Naturwissenschaftsverständnisses. Darauf folgt eine explizite Auseinandersetzung mit NoS über Leitfragen (z. B. Wie entwickelt sich Wissen?) und fachbezogene Kurztexte zu unterschiedlichen Themen (z. B. Watson-Crick-Modell, s. Onlinematerial B), die sich zur Thematisierung der NoS-Aspekte *Entwicklung und Sicherheit von Wissen* und *Rolle von Kreativität in den Naturwissenschaften* eignen. Anschließend wird die theoretische Fundierung von NoS vorgestellt, wobei die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsphase an entsprechenden Stellen (z. B. *Sicherheit des Wissens*) von den Studierenden diskursiv eingebracht werden.

Das Konzept NoSI wird gemeinsam analytisch in den Blick genommen. Dabei werden forschendes Arbeiten in Wissenschaft und Unterricht, mit Einbezug der

1 Ergänzendes Material steht online unter <https://www.waxmann.com/buch4349> zum Download zur Verfügung.

Tab. 1: Konzeption, Ausgestaltung und Ziele der Lernumgebung.

Konzeptionelle Säule	Sitzung	Beschreibung der Inhalte	Übergeordnetes Ziel
(1) Explizite Thematisierung	1 NoS I & NoSI	Erarbeitung von Argumenten und Argumentationsmustern zu Aussagen/Thesen rund um naturwissenschaftliche Forschung und fachliche Erkenntnisse Ableitung von (weiteren) NoS-Kriterien mit Leitfragen und fachbezogenen Kurztexten Erkenntnisgewinnung in Schule (NoSI) und Wissenschaft im Vergleich	Förderung der professionellen Überzeugungen von Biologielehramtsstudierenden zu NoS und NoSI
	2 NoS II	Analyse der Darstellung von Forschung in den Medien Schulervorstellungen zu NoS, Genetik und Gentechnik in den Kontext von NoS in Schule einbinden und reflektieren	
(2) Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen	// <i>Vorlesung & Laborpraktikum</i>	Vermittlung und Aneignung fachlichen Wissens zu molekularbiologischen Inhalten und Methoden (im Fachstudium)	Aufbau von vernetztem Professionswissen zu Fach und Fachdidaktik unter Einbezug von NoS und NoSI
	3/4 Kurzvorträge & Videovignetten	Aufbau von Fachexpertise im kollegialen Austausch mittels Kurzreferate Analyse von Videovignetten zur Verknüpfung von Fachinhalten und -methoden sowie impliziter NoS- Vermittlung im Unterricht	
	// <i>Videoproduktion</i>	Verzahnung von NoS-Dimensionen mit Fachwissen und -methoden (NoSI) in der Produktion eines Erklärvideos	
(3) Lehr-Lern-Labor-Arbeit	5/6 Planung & Vorbereitung	Erstellen eines Konzepts für eine Unterrichtseinheit zu einem Labortag, Aufteilung der Unterrichtsphasen und Abstimmung der Inhalte Vorstellen und Abstimmen der Unterrichtsphasen des Labortags (inkl. wiederholtes Üben und Erklären der Fachmethoden)	Aufbau von multiplem, transferfähigem, anwendungsbezogenem Wissen
	7/8 Durchführung & Reflexion	Durchführung und Reflexion eines ganztägigen Labortags mit Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe zu einem molekularbiologischen Thema	

Anmerkung: Die *kursiv* gekennzeichneten Elemente liegen außerhalb der Präsenzzeit für das fachdidaktische Seminar (s. Abschnitt 2.2). Dieses Seminar ist als teilgeblockte Veranstaltung angelegt mit acht Präsenzterminen. Die Videoproduktion findet in der Vorbereitung und Reflexion anteilig an den Präsenzterminen 4–6 sowie 8 statt und wird vornehmlich im Selbststudium umgesetzt. Das Videoprodukt ist neben einem Unterrichtsskript zum Labortag und dessen Reflexion Teil der zu erbringenden Prüfungsleistung. Eine Seminarsitzung hat einen Umfang von 120 Minuten. Vorlesung und Laborpraktikum werden ganztägig in einem zweiwöchigen Blockpraktikum durchgeführt.

Prozessschritte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, miteinander verglichen. Die Notwendigkeit der expliziten Thematisierung von NoS und NoSI (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002) soll in dieser Phase von den Studierenden auch in Bezug auf ihren eigenen Unterricht in ihrer Bedeutsamkeit zur Ausbildung naturwissenschaftlicher Grundbildung erkannt werden. Zudem werden mediale Einflüsse auf das Wissenschaftsverständnis von Lernenden und den daraus resultierenden Fehlvorstellungen über Wissenschaft und aktuelle Forschungsthemen (z. B. CRISPR/Cas9) als eine mögliche Ursache für die Entstehung von Schülervorstellungen analysiert. Ein Aufbau von professionellen NoS- und NoSI-Überzeugungen bei angehenden Naturwissenschaftslehrkräften sowie ihren zukünftigen Lernenden sollte mit dem Verständnis und Wissen darüber verbunden werden, wie wissenschaftliche Informationen im Allgemeinen vermittelt werden (*science media literacy*, Höttecke & Allchin, 2020). Lernende besitzen konkrete und festverankerte Überzeugungen zu NoS und NoSI (z. B. zum Abbildcharakter naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung), und Genetik (z. B. zu Wirkweisen von Genen) sowie Einstellungen gegenüber Gentechnik, die über Informationstexte (Hammann & Asshoff, 2014; Mühlemeier, 2017) von den Studierenden fachlich geklärt und in ihrer Bedeutsamkeit für den Unterricht unter Einbezug der Argumente für die Bedeutung von NoS für den Unterricht nach Driver et al. (1996) analysiert werden.

2.2 Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen

Die Verzahnung der Professionswissensbereiche Fachwissen und Fachdidaktik, unter Einbezug von NoS und NoSI, bildet die zweite konzeptuelle Säule dieser Lernumgebung (Tabelle 1). Die Verzahnung erfolgt strukturell in Form von miteinander verschränkten Modulen zweier Fachdisziplinen der Biologie (Tandem-/Brückenmodell nach Mayer et al., 2018). Ein (Fach-)Modul ist in der Fachwissenschaft verortet und beinhaltet neben einer molekularbiologischen Vorlesung und einem Laborpraktikum das hier beschriebene fachdidaktische Seminar (= Lernumgebung). Das Modul kann sowohl von Lehramtsstudierenden als auch von Bachelor-Studierenden belegt werden und umfasst 12 Credits. Zudem kann das fachdidaktische Seminar ausschließlich von Lehramtsstudierenden als eigenständiges Modul als Vertiefung in der Fachdidaktik besucht werden (2 Credits). Die folgenden Ausführungen gehen auf die Ausgestaltung des fachdidaktischen (Vertiefungs-)Seminars zurück.

Fachexpertise im kollegialen Austausch aufbauen

In der fachdidaktischen Lernumgebung wird das Strukturmerkmal der Verzahnung umgesetzt, indem Studierende der Fachwissenschaft und Studierende der Fachdidaktik ihre jeweilige Fachexpertise einbringen und synergetisch nutzen. Um einen kollegialen Austausch zwischen den Fachdisziplinen zu schaffen, werden Tandems von Studierenden aus Fach und Fachdidaktik gebildet, welche im weiteren Seminarverlauf gemeinsam arbeiten. Von den jeweiligen studentischen Expertinnen und Experten werden u. a.

Kurzvorträge über relevante Inhalte der Fachwissenschaft und Fachdidaktik vorbereitet, vorgestellt und hinsichtlich der schulpraktischen Relevanz sowie deren Einbindung reflektiert. Mittels Videovignetten, die im Schüler- und Öffentlichkeitslabor Science Bridge mit Oberstufenklassen aufgenommen wurden, wird die unterrichtspraktische Thematisierung von fachwissenschaftlichen Inhalten fachdidaktisch analysiert und reflektiert. Gleichzeitig wird darüber ein Einstieg für den Entwicklungsprozess eines eigenen Labortags geschaffen. Für diesen konzipieren die Studierenden-Tandems zum einen eine unterrichtliche Phase (z. B. Phänomen-Einstieg, Generierung einer Leitfrage) und produzieren zum anderen ein in diese Phase zu integrierendes Erklärvideo zu einer Forschungsmethode bzw. Arbeitstechnik (z. B. Pipettieren).

Fachwissen und -methoden, NoS und NoSI in Erklärvideos verzahnen

Die Videoproduktion stellt eine Form der methodischen Umsetzung des Lehr-Lernkonzeptes *Lernen durch Erklären* (Hoogerheide et al., 2016: *explaining to fictitious others on video*) dar. Bei der Erstellung der Videos setzen sich die Studierenden intensiv mit ausgewählten Fachinhalten und deren fachdidaktischer Aufarbeitung sowie ihrer didaktischen Reduktion mit Blick auf die anvisierten Nutzerinnen und Nutzer auseinander und werden zudem in dem notwendigen technologiebezogenen Professionswissen gefördert (u. a. Bruckermann & Mahler, 2019). Im Umfang von 6 bis 8 Minuten werden in den Videos molekularbiologische Methoden im Tutorial-Stil visualisiert, mit zugehörigem Fachwissen erklärt und mit zu berücksichtigenden Teilthemen im Kontext von NoS in Verbindung gebracht (Tabelle 2). Über die Visualisierung der hier ausgewählten Fachmethodik, i. d. R. mit Realszenen aus dem Labor, sowie die Einbettung der Videos und damit der Fachmethodik in einen Forschungsprozess wird NoSI aufgegriffen und didaktisch umgesetzt. Die Aufnahmen zum realen Laborsetting wurden von den studentischen Fachexpertinnen und -experten am Ende des Laborpraktikums angefertigt. Jedem Video liegt konzeptionell der für diese Lernumgebung zentrale Lehr-Lernansatz zur Verknüpfung von ausgewählten Überzeugungen und Wissensbereichen zugrunde.

Tab. 2: Konzeptionelle Bausteine der Erklärvideos.

Molekularbiologische Methode	Fachmethodik (NoSI)	Fachwissen	NoS
Pipettieren mit der Mikroliterpipette	Funktionsweise der Arbeitstechnik und Umgang mit Pipetten	Arten von Pipetten, Umrechnen von Mikroliter in Milliliter	Laboralltag (u. a. steriles Arbeiten, Fehler)
Polymerasekettenreaktion (PCR)	Schritte der PCR als molekularbiologische Arbeitstechnik	Prozess der DNA-Vervielfältigung	Historische Entwicklung
Agarosegelelektrophorese	Prinzip der Aufteilung nach Fragmentlängen	Ladung der DNA, Primer	Aussagekraft der Ergebnisse (Grenzen)

Didaktisch eingebunden werden die Videos in eine von den Studierenden konzipierte Unterrichtseinheit bzw. ausgewählte Phase in der Einheit (inkl. weiterer Lehr-Lernmaterialien, wie Versuchsskripte und Präsentationen) zu einem Labortag mit Oberstufenschülerinnen und -schülern.

3. Limitationen und Transferfähigkeit

Trotz der großen Bedeutung von NoS und NoSI ist das Angebot an Lernumgebungen in der Hochschule, und damit auch in der Schule, zur Auseinandersetzung mit beiden Konzepten noch gering. Somit stößt die hier beschriebene Lernumgebung in eine Lücke, die es zukünftig noch stärker zu füllen gilt. Die hochschuldidaktische Implementation curricularer und struktureller Konzepte und Modelle zur Vernetzung der an der Lehrkräfteausbildung beteiligten Disziplinen ist sehr präsent und gestaltet maßgeblich den Prozess zur Schaffung von Kohärenz in der Lehrkräftebildung (im Rahmen der Qualitätsoffensive). Obwohl die curriculare Verzahnung auf Veranstaltungsebene diesen Prozess noch dominiert, treten auch strukturelle Maßnahmen auf Ebene der Curriculumentwicklung zunehmend in Erscheinung (u. a. Endler et al., 2020), jedoch vergleichsweise langsam, was u. a. auf hiermit verbundene, zumeist umfangreiche Abstimmungsprozesse zurückgeführt wird (vgl. Schwichow et al., 2019). Infolgedessen bringt auch das hier in der Anlage der Lehrveranstaltungen strukturell verankerte, verzahnte Modul sowohl Vorteile, insbesondere hinsichtlich der im Zuge der Qualitätsoffensive Lehrerbildung vielfältig diskutierten Verstetigung von Innovationen, als auch Limitationen z. B. in der Übertragung auf andere Hochschulstandorte mit. Hier gilt es zu berücksichtigen, dass der Einbezug von Fachexpertinnen und -experten ein zentraler Teil des Konzepts ist, der nicht überall gleichermaßen zu realisieren und zu Beginn mit zeitintensivem, kollegialem Austausch verbunden ist. In diesem Zusammenhang sind neben Studierenden, die bestimmte Fachmodule absolviert haben, auch studentische Hilfskräfte oder die Zusammenarbeit mit Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftlern jenseits der strukturellen Verankerung der Kooperation denkbar. Bedingt durch das zugehörige Fachmodul und die sich dadurch ergebende Aufteilung der teilnehmenden Studierenden können an der Universität Kassel stets nur Seminare mit geringer Teilnehmerzahl realisiert werden, sodass nur eine eingeschränkte Anzahl an Studierenden erreicht werden kann.

Der Fokus auf die fächerübergreifenden Konzepte NoS und NoSI beinhaltet ein hohes Potenzial für die Übertragung auf andere Kontexte. Infolgedessen wird das Lehrkonzept auch in den anderen Naturwissenschaften Chemie und Physik am Beispiel aktueller Forschungsthemen realisiert (Bednarek et al., 2020) bzw. zukünftig realisiert werden können. Zudem besteht die Möglichkeit, einzelne oder mehrere konzeptionelle Säulen auch in anderen Biologielehrveranstaltungen im Lehrkontext zu Erkenntnismethoden der Biologie (KMK, 2008) zu etablieren.

Anmerkung

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

Literatur

- Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2020). NOS-Modellierungen – Ein theoretischer Konflikt mit fehlender empirischer Basis. *Progress in Science Education*, 3(1), 35–45. <https://doi.org/10.25321/prise.2020.994>
- Bartos, S. A. & Lederman, N. G. (2014). Teachers’ knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150–1184. <https://doi.org/10.1002/tea.21168>
- Bednarek, A., Gimbel, K., Frevert, M., Wodzinski, R., Ziepprecht, K., Mayer, J. & Di Fuc-
cia, D.-S. (2020). Aktuelle Forschung als Lerngegenstand für Lehrerbildung und Schule – Das Projekt „Contemporary Science@School“. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Jahrestagung in Wien 2019, S. 804–807.
- Bikner-Ahsbahr, A. (2020). *Spotlights Lehre. Transferpaket zur Verzahnung und Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik*. <https://doi.org/10.26092/elib/99>
- Bruckermann, T. & Mahler, D. (2019). Making Science VisiBLE: Professionswissen zu Erklär-
videos fördern. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 580–583). Universität Regensburg.
- Driver, R., Leach, J. & Millar, R. (1996). *Young people’s images of science*. McGraw-Hill Edu-
cation (UK).
- Endler, T., Grünig, F., Kasten, H., Schätzle, E. & Sproesser, U. (2020). Das neue Mathema-
tik-Lehramt für die Sekundarstufen in Heidelberg. Chancen und Herausforderungen im
Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. *GDM-Mitteilungen*, 108, 28–33.
- Gimbel, K., Grospietsch F. & Ziepprecht, K. (2021). Aspekte professioneller Handlungskom-
petenz fach- und inhaltspezifisch ausdifferenzieren und theoriebasiert fördern. In M.
Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung*
(S. 219–235). Waxmann.
- Gimbel, K. & Ziepprecht, K. (2018). Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Lerninhalte
im Rahmen einer situierten Lernumgebung zum Thema Genetik. In M. Meier, K. Ziep-
precht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 77–91).
Waxmann.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018). Professionalizing Pre-Service Biology Teachers’ Miscon-
ceptions about Learning and the Brain through Conceptual Change. *Education Scien-
ces*, 8(120). <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für
Lernschwierigkeiten*. Kallmeyer.

- Hellmann, K., Ziepprecht, K., Baum, M., Glowinski, I., Grospietsch, F., Heinz, T., Masanek, N. & Wehner, A. (im Druck). *Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung – Ein Angebots-Nutzungs-Modell für die hochschulische Lehrkräftebildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand.*
- Hoogerheide, V., Deijkers, L., Loyens, S. M. M., Heijltjes, A. & van Gog, T. (2016). Gaining from explaining: Learning improves from explaining to fictitious others on video, not from writing to them. *Contemporary Educational Psychology*, 44–45, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.02.005>
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing Nature-of-Science Education in the Era of Social Media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Krell, M., Koska, J., Penning, F. & Krüger, D. (2015) Fostering pre-service teachers' views about nature of science: evaluation of a new STEM curriculum, *Research in Science & Technological Education*, 33(3), 344–365. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060411>
- KMK-Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.* https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf (22.11.2020).
- KMK-Kultusministerkonferenz (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.* https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (22.11.2020).
- Lederman, N. G. & Lederman, J. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education, volume II* (S. 600–620). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Lederman, J., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry – The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9–20). Waxmann.
- Mühlemeier, T. (2017). *Gen- und biotechnologische Arbeitsweisen für den Biologieunterricht.* Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18836-8>
- Müller, M., Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Wodzinski, R. (2020). Nature of Science im Unterricht und in Lehrerfortbildungen. *MNU Journal*, 4, 276–281.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(1), 167–187.
- Schwartz, R. S. & Lederman, N.G. (2002). “It’s the nature of the beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in science teaching*, 39(3), 205–236. <https://doi.org/10.1002/tea.10021>
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727–771. <https://doi.org/10.1080/09500690701225801>

- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88, 610–645. <https://doi.org/10.1002/sce.10128>
- Schwichow, M., Zaki, K., Hellmann, K. & Kreutz, J. (2019). Quo vadis? Kohärenz in der Lehrerbildung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung. Theorien, Modelle und empirische Befunde* (S. 331–350). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_21
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- Ziepprecht, K. & Meier, M. (2021). Umsetzung und Weiterentwicklung von Modellen zur curricularen Vernetzung in hochschuldidaktischen Lernumgebungen in PRONET und PRONET². In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung* (S. 203–217). Waxmann.

Zusatzmaterial: Molekularbiologie a



Zusatzmaterial: Molekularbiologie b



Die kopernikanische Wende als Anlass zur expliziten Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften im Astronomieunterricht

Inka Haak, Jens Klinghammer, Olaf Krey & Thorid Rabe

Angesichts der medialen Präsenz astronomischer Themen und ihres Potentials zur Motivation von Schülerinnen und Schülern, sich weiterführend mit Naturwissenschaften auseinanderzusetzen (Clausnitzer, 2010; Sjøberg & Schreiner, 2010), erscheint es vielversprechend, astronomische Themen auch als Lerngelegenheiten zur Geschichte und Natur der Naturwissenschaften (NdN) zu nutzen. Da nicht nur Schülerinnen und Schüler, sondern auch (Astronomie-)Lehrkräfte inadäquate Vorstellungen zur NdN aufweisen können (Aretz et al., 2016; Buaraphan, 2012), wurde die im Folgenden vorgestellte Lerneinheit für deren fachdidaktische Qualifikation entwickelt und erprobt.

1. Lernen über die Natur der Naturwissenschaften im Astronomieunterricht

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung, die eine „Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2004, S. 6) ermöglicht, umfasst auch ein Lernen über die Natur der Naturwissenschaften (NdN, synonym zu Nature of Science, NoS), die im naturwissenschaftlichen Unterricht allerdings meist nur implizit thematisiert wird (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Unzureichende epistemologische Überzeugungen zur NdN bei Schülerinnen und Schülern, wie z. B. naturwissenschaftliches Wissen sei absolut oder Erkenntnisse könnten nur durch Experimente gewonnen werden (McComas et al., 1998), sind die Folge. Auch bei Studierenden oder Lehrkräften naturwissenschaftlicher Fächer sind solche problematischen Vorstellungen zu finden (Aretz et al., 2016; Buaraphan, 2012).

Eine explizite Thematisierung der NdN mit zukünftigen Astronomielehrkräften soll dem entgegenwirken. Am Beispiel der kopernikanischen Wende, die die Abkehr vom geozentrischen hin zum heliozentrischen Weltbild markiert (vgl. Nussbaumer, 2011), können folgende Aspekte der NdN, die wissenschafts- und erkenntnistheoretische, wissenschaftssoziologische, geschichtliche und psychologische Dimensionen umfasst (McComas et al., 1998), verdeutlicht werden:

- Die Entwicklung von Modellen der Position und Bewegung von Himmelskörpern basiert auf dem Wissen (u. a. Beobachtungsdaten und -instrumente, Mathematik) verschiedener Kulturen und Epochen. Zu nennen sind hier die babylonische Astronomie um 1000 v. Chr.–1000 n. Chr., die griechische Naturphilosophie 600 v. Chr.–200 n. Chr., die chinesische Wissenschaft bis etwa 1400, die arabische Wissenschaft vom 8.–12. Jahrhundert und die (zentral-)europäische Naturwissenschaft ab dem 16. Jahrhundert (Fara, 2010).
- Die Etablierung eines neuen Modells erfolgt nicht zwangsläufig und reibungslos, sondern trifft auf persönliche, kulturelle, religiöse oder ökonomische Widerstände. Wissenschaft findet in sozialen Kontexten statt, in denen die Macht von z. B. Fachkreisen oder der Kirche sowie soziale Beziehungen die Interpretation der Ergebnisse und deren Publikation beeinflussen. Wissen ist also zuverlässig, aber nicht beständig (vgl. Konsensvorschlag zur NdN von McComas et al., 1998).

2. Thematisierung von NdN im Rahmen der Astronomiedidaktik

An der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg umfasst das Ergänzungsstudium für das Schulfach Astronomie ein vergleichsweise umfangreiches fachliches und fachdidaktisches Curriculum, das in einer Staatsprüfung mündet. Im Sinne einer Anschlussfähigkeit an den naturwissenschaftsdidaktischen Diskurs werden in der Astronomiedidaktik die *Rolle als Astronomielehrkraft, Bildungsgehalt und Scientific Literacy, Lernendenvorstellungen, Modelle, außerschulische Lernorte, digitale Medien, Umgang mit Heterogenität* und die NdN auf den Astronomieunterricht bezogen thematisiert. Insgesamt umfasst die Astronomiedidaktik sechs Sitzungen – verteilt auf zwei Semester. Die Grundlagen zur NdN und ein exemplarisches Unterrichtsszenario zur kopernikanischen Wende werden in der dritten der dreistündigen Sitzungen, bestehend aus Vorlesungs- und Seminarabschnitten, erarbeitet.

Vorab füllen die Studierenden einen Fragebogen zur Dokumentation der eigenen Vorstellungen zur NdN nach Liang et al. (2008) aus, der im weiteren Verlauf als Reflexionsinstrument dient, und sie bereiten sich fachlich auf die kopernikanische Wende vor.

Im vorlesungsartigen Teil der Lehrveranstaltung wird zunächst das Verhältnis von Astronomie und der NdN auf einer eher theoretischen Ebene thematisiert, um die Relevanz des Themas und Grundannahmen eines Kernkonsens zu einer angemessenen Sicht auf die NdN zu vermitteln. Dazu wird der aktuelle Forschungsstand zur NdN vorgestellt und dessen Bedeutsamkeit entlang der NdN-Dimensionen für die Allgemeinbildung der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht begründet. Nach einem weiteren Input zu epistemologischen Überzeugungen und deren Einfluss auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern (u. a. Hofers Modell übersetzt in Urhahne & Hopf, 2004) eruieren die Studierenden in Kleingruppen, inwiefern Astronomie prädestiniert ist, um unterschiedliche Elemente der Konsensliste über die NdN nach McComas et al. (1998) sowie jeweils dazugehörige Fehlvorstellungen unterrichtlich aufzugreifen. Konkret erarbeiten die Studierenden mithilfe

ausgewählter Medien (Schulbuchausschnitte, Rahmenlehrplan, Überblicksliteratur) eine Übersicht mit Themen, die geeignet sind, die (Fehl-)Vorstellungen zur NdN zum Unterrichtsgegenstand zu machen; sie präsentieren und diskutieren die Ergebnisse dann im Plenum.

Im seminaristischen Teil wird das theoretische Wissen dann mithilfe der im naturwissenschaftlichen Unterricht wenig verbreiteten Methode der Podiumsdiskussion (Stolz et al., 2011) mit Rollenspielelementen (nach Kulick, 2014) auf das Beispiel der kopernikanischen Wende praxisnah angewandt. Durch die Erprobung dieser Unterrichtsmethode können die Studierenden die „Entscheidungs- und Durchsetzungsprozesse von Ideen“ (Leisen, 2008, S. 34) in der Komplexität persönlicher, kultureller, religiöser oder ökonomischer Kontexte möglichst aktiv und multiperspektivisch nachvollziehen, wobei auch subjektive Bedeutsamkeit erzeugt wird. Erfahrbar wird auch, dass die Genese naturwissenschaftlichen Wissens durch die Offenlegung der Argumente und den Austausch im sozialen Kontext erfolgt.

Im Rahmen dieser fiktiven Diskussion – historisch konnten die Beteiligten nicht aufeinandertreffen – zur provokanten Frage *Kopernikus' geozentrisches Weltbild – Neuordnung des Himmels oder mathematische Narretei?* schlüpfen die Studierenden in die Rollen historischer Charaktere, die bis zum 17. Jahrhundert für die Entwicklung des heliozentrischen Modells des Sonnensystems relevant waren: Nikolaus Kopernikus, Claudius Ptolemäus, Johannes Kepler, ein/e Vertreter/in der katholischen Kirche und ein/e Vertreter/in der Landbevölkerung um 1500. Ihre Aufgabe ist es, sich die entsprechenden Argumente aus Sicht der jeweiligen Rolle anzueignen, um in der Diskussion möglichst authentisch deren Position vertreten zu können. Die anderen Studierenden beobachten die Diskussion aufmerksam.

In der etwa 45-minütigen Podiumsdiskussion nimmt der/die Moderator/in (Kursleitung) eine zentrale Rolle ein (zusammenfassend: Kulick, 2014). Durch geschickte Erzählaufforderungen – wie z. B. das Weitergeben provokanter Aussagen an andere Diskussionsbeteiligte – bindet sie idealerweise alle Parteien gleichermaßen ein, um eine wissenschaftsfundierte Argumentation (Kulick, 2014) aufrechtzuerhalten. Es besteht die Gefahr, dass Diskussionen mit fiktiven Teilnehmerinnen und Teilnehmern und sehr konträren Positionen oberflächlich bleiben (van Ments, 1991), ins Stocken geraten oder eskalieren, sodass die angestrebten Ziele nicht vollständig erreicht werden. Wie bei allen Podiumsdiskussionen ist auch hier der Ausgang ungewiss (vgl. Kulick, 2014), auch wenn die Diskussion historisch entschieden ist.

Im Anschluss an die Diskussion erfolgt eine etwa 20-minütige Reflexionsphase anhand folgender Leitfragen: 1. *Wie ist es Ihnen in der Diskussion ergangen?*, 2. *Was haben Sie aus der Diskussion zur NdN mitgenommen?*, 3. *Was können Schülerinnen und Schüler aus so einer Diskussion über NdN mitnehmen?* und 4. *Was ist bei einer unterrichtlichen Umsetzung zu beachten?* sowie eine Einordnung in den gesamthistorischen Kontext. Diese Diskussion ist bedeutsam, um zum einen die Diskutierenden aus ihren Rollen herauszuführen (van Ments, 1991), aber vor allem, um die angestrebten Zieldimensionen der Explikation der NdN zu erreichen.

Weitere Informationen zur Vorbereitung sowie zum Ablauf der Podiumsdiskussion werden im Onlinematerial¹ in Form einer Handreichung mit Arbeitsmaterial zur Verfügung gestellt.

Abschließend analysieren die Studierenden ihre eigenen (Eingangs-)Vorstellungen zur NdN mithilfe des vorab ausgefüllten Fragebogens, indem sie ihre Antworten auf Basis der Erkenntnisse der Sitzung überdenken und anschließend diese mit einem Auswertungsbogen nach Liang et al. (2008) abgleichen.

3. Schluss

Mit unserem Praxisbeispiel aus der Astronomiedidaktik haben wir eine Möglichkeit skizziert, Studierenden eine aktive Auseinandersetzung mit der NdN zu ermöglichen. Die Erfahrung zeigt, dass sich das Zusammenspiel aus der Erhebung der eigenen Perspektiven vorab, der theoretischen Einführung in das Thema und der Anwendung auf ein unterrichtliches Szenario, das mit Chancen und Grenzen diskutiert wird, bewährt, um die Studierenden zunehmend in die Lage zu versetzen, ihre in der Lehrveranstaltung gemachten Erfahrungen sowie ihr theoretisches Wissen kritisch reflektierend in unterrichtliche Praxis einzubringen. Das beschriebene Seminarkonzept lässt sich aus unserer Sicht auch für die Auseinandersetzung mit der NdN in anderen Fachdidaktiken adaptieren und auf andere historisch oder aktuell strittige naturwissenschaftliche Themen übertragen.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Aretz, S., Borowski, A. & Schmeling, S. (2016). A fairytale creation or the beginning of everything: Students' pre-instructional conceptions about the Big Bang theory. *Perspectives in Science*, 10, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.08.003>
- Buaraphan, K. (2012). Embedding Nature of Science in Teaching About Astronomy and Space. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 353–369. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9329-9>
- Clausnitzer, L. (2010). *Astronomieunterricht und sein Beitrag für eine vernetzte Allgemeinbildung*. Verfügbar unter: <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/proastro-sachsen.html>.
- Fara, P. (2010). *4000 Jahre Wissenschaft*. [SCIENCE: A Four Thousand Year History]. Spektrum Akademischer Verlag.
- KMK (2004, Dezember). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12. 2004. Verfügbar unter

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

- https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf
- Kulick, S. (2014). *Diskussionen im Geographieunterricht: eine Untersuchung zum Umgang mit und zur Förderung von Kommunikationskompetenz*. Humboldt Universität zu Berlin.
- Leisen, J. (2008). Die kopernikanische Wende. Mit szenischen Dialogen Entstehungs- und Durchsetzungsprozesse von Ideen darstellen. *Unterricht Physik*, 19(103), 34–41. Verfügbar unter: <http://www.josefleisen.de/downloads/erkenntnistheorie/95%20kopernikanische%20wende%20niu%202007.pdf>
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M. & Ebenezer, J. (2008). Assessing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: A dual-response instrument. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 1–20. Verfügbar unter: https://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v9_issue1_files/liang.pdf
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science education. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Bd. 7). Kluwer Academics Publisher.
- Nussbaumer, H. (2011). *Revolution am Himmel. Wie die kopernikanische Wende die Astronomie veränderte*. vdf Hochschulverlag AG.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project: An overview and key findings*. University of Oslo. Verfügbar unter: <http://www.cemf.ca/%5c/pdfs/sjobergschreineroverview2010.pdf>
- Stolz, M., Witteck, T., Marks, R. & Eilks, I. (2011). ‚Doping‘ für den Chemieunterricht und eine Reflexion über geeignete Themen für einen gesellschaftlich relevanten Chemieunterricht. *MNU* 64(8), S. 472–497. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/ingo_eilks/publication/247768431_doping_fur_den_chemieunterricht_und_eine_reflexion_uber_geeignete_themen_fur_einen_gesellschaftlich_relevanten_chemieunterricht
- Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 71–87. Verfügbar unter: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/4.Urhahne_Hopf_071-088.pdf
- van Ments, M. (1991). *Rollenspiel effektiv – Ein Leitfaden für Lehrer, Erzieher, Ausbilder und Gruppenleiter*. Oldenbourg.

Zusatzmaterial: Kopernikanische_Wende



„Das brauche ich nie mehr in der Schule“

Integrationsmodul Analytische Chemie

Markus Emden, Hans-Dieter Körner & Matthias Scholz

Man stelle sich vor: Eine lehrpersonenbildende Hochschule, Montagmorgen, Chemiehörsaal, Thema „Löslichkeitsprodukt“. Spätestens nach etwa der Hälfte der Vorlesung wenden Studierende ein: „Das brauche ich in der Schule nie mehr. So weit komme ich gar nicht. Das mit den Hochzahlen ist auch viel zu kompliziert für die Lernenden.“ – Was soll man *da* antworten?

1. *Content Knowledge* – wichtig und vielgesichtig

Inhalte der Lehrpersonenbildung dürfen sich nicht allein am schulischen Lehrplan orientieren, soll die Lehrperson den Lernenden nicht stets nur die sprichwörtliche Seite im Schulbuch voraus sein. Lehrpersonen müssen flexibel über ein breites Grundlagenwissen verfügen können. Der Zuschnitt dieses grundlegenden Fachwissens (*Content Knowledge*) ist stets diskutabel und stellt, wie jede curriculare Entscheidung, notgedrungen einen Kompromiss dar. Auch wenn es keinen Konsens zu geben scheint, welches Wissen Lehrpersonen haben müssen (vgl. Lorentzen, 2020), herrscht Einigkeit, dass es verschiedene, aufeinander beziehbare Wissensarten gibt, unter denen Fachwissen eine bedeutsame Stellung einnimmt (Shulman, 1987; Nixon, et al., 2019).

Schon die komplexe Studienstruktur für Lehrämter (meist zwei Sachfächer zuzüglich erziehungswissenschaftlicher Studienanteile) erfordert, dass die Wissensarten – somit auch Fachwissen – in fundamentalen Zügen erfasst (*Core Content Knowledge* – CCK) und exemplarisch ergänzt (*Specialized Content Knowledge* – SCK) werden (vgl. Nixon et al., 2019). Eine dritte Facette von Fachwissen (*Linked Content Knowledge* – LCK, ebd.) schafft Querverbindungen innerhalb eines Faches, zwischen den Fächern sowie zu überfachlichen Themen. *Linked Content Knowledge* erlaubt, Bezüge zwischen Aspekten des CCK und zu Erscheinungen des Alltags herzustellen: Studierende lernen in Physikalischer Chemie, dass Eisen aufgrund eines geringeren Standardreduktionspotentials durch Sauerstoff oxidiert werden kann, und sie lernen Verbrennung von Stahlwolle im anorganischen Praktikum als heftige Reaktion kennen. Wieso Fahrzeuge in aridem Klima weniger stark korrodieren, können sie jedoch nicht leicht erklären, da sie den im System fehlenden Elektrolyten nicht selbständig erkennen. Hier bedarf es zusätzlicher fachdidaktischer Begleitung (Blum & Henn, 2003), zumal sich Studierende stärkere Kohärenz auch *innerhalb* der fachlichen Anteile des Studiums wünschen (Wagener et al., 2019).

Ohne Fachwissen wird man keine gute Lehrperson – Korrelationen zwischen fachwissenschaftlichem und -didaktischem Wissen knüpfen zwar nur argumentativ einen Kausalzusammenhang, doch weisen sie in der Regel auf eine bedeutsame Abhängigkeit zwischen den Wissensarten hin, die sogar noch wächst, wenn schulrelevantes Fachwissen fokussiert wird (z. B. Heinze et al., 2016).

Chemielehrpersonen erwerben ihr Fachwissen an Hochschulen zumeist in sequenziellen Einführungen in Allgemeine und Anorganische, Organische bzw. Physikalische Chemie durch Vorlesungen und (mehr oder minder) darauf abgestimmten Laborpraktika (vgl. Winter & Anger, 2010). Es wird davon ausgegangen, dass sie Querbezüge zwischen den Teilbereichen weitgehend selbständig herstellen können.

2. *Linked Content Knowledge* – Theoriebrücken nach innen und außen

Blum und Henn (2003) monieren eine hinsichtlich fach- und erziehungswissenschaftlicher Ansprüche an das Mathematiklehramt analoge Erwartung und fordern, dass Fachdidaktik eine essenzielle Brückenfunktion einnehme, da nur sie die Perspektive der Lernenden im Fach einbeziehen könne.

Analog lässt sich eine Rolle der Fachdidaktik bei der Ausbildung von *LCK* erkennen. Denn die Erwartung spontaner Sinnstiftung dürfte schon bei Ein-Fach-Bachelor-Studierenden illusorisch sein. Bei gleich drei Studienbereichen für Lehramtsstudierende sind schnell Grenzen des Machbaren erreicht und es kommt zu Resignation, wenn nicht unterstützend eingegriffen wird.

Daher versucht das Integrationsmodul Analytische Chemie an der PH Schwäbisch Gmünd einer allseitig beobachtbaren, wenngleich nicht erforschten Verinselung von Grundlagenwissen entgegenzuwirken. Es führt – gleichsam spiralcurricular – wesentliche Fachwissensaspekte anwendungsorientiert zusammen, so wie Studierende es auch fordern (vgl. Wagener et al., 2019). Das Abschlussmodul des Bachelor-Studiums umfasst zwei koordinierte Veranstaltungsformate (Vorlesung und Praktikum), um Theorie und Praxis der Chemie zu resümieren. Es schließt mit einem Kolloquium ab, das erstmals einen Gesamtblick auf ‚die‘ Chemie fordert. Das Modul bedient sich keiner besonderen Sozialformen oder Methoden, sondern zeichnet sich durch die Abwägung aus, welches *CCK* wiederholt und vertieft wird, welches *SCK* situativ für das Verstehen geboten ist und – vor allem – welches *LCK* sich eignet, um chemisches Fachwissen im Unterricht zu vermitteln. Einige Beispiele illustrieren die Synthese der drei Aspekte.

2.1 Indikatorwahl im Rahmen der quantitativen Analyse

Fachwissenschaftliche Aspekte, die üblicherweise historisch motiviert eingeführt werden (z. B. Säure-Base-Theorien (Allgemeine Chemie) – *CCK*), werden im Dialog wiederholt und vertieft (z. B. Inklusivität sich ausdifferenzierender Säure-Base-Theo-

rien – SCK). Die im Kontext des Massenwirkungsgesetzes nachgelagert thematisierten Säure-/Basenstärke und Pufferbildung (Physikalische Chemie) werden direkt aufgegriffen, um die Auswahl eines geeigneten Indikators für die praktisch durchzuführende Titration anzuleiten (mit Thymolphthalein oder Thymolblau). Dessen Farbumschlag wird aus organisch-chemischer Perspektive mithilfe des Orbitalmodells erklärt.

So werden verschiedene Facetten eines Gegenstands anwendungsbezogen zusammengeführt, die sonst oft, zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Studium eingeführt, isoliert stehen bleiben. Die veränderte Situierung und spezifische Kontextualisierung des Themas stellen einen spiralcurricularen Zugriff dar und explizieren inner- und überfachliche Verbindungen (LCK); zudem begünstigen sie das Verstehen von Naturwissenschaften (vgl. Demuth et al., 2008 bzw. Vorst et al., 2018).

2.2 Vorüberlegungen zu analytischen Methoden

Studierende sind in einer ‚Hausaufgabe‘ aufgefordert, bekannte Volksweisheiten zum Essen und Trinken (LCK) zu finden. Die folgenden Aussagen werden häufig genannt und ihr theoretischer Hintergrund wird anschließend gemeinsam erarbeitet, Möglichkeiten der Prüfung werden diskutiert und ggf. durchgeführt.

1. „Kein Rhabarber nach Johanni (24. Juni)“
 - a Hintergrund: Anreicherung von Oxalsäure im reifen Rhabarber, die zu Nierensteinen führen kann; ab Anfang Sommer ist der Gehalt zum Verzehr zu hoch; chemische Aspekte: Löslichkeitsprodukt und Gleichgewichtsverschiebungen (CCK) bzw. drohende Ca^{2+} -Mobilisierung aus Gewebe (SCK)
 - b Weiterführung: Was bietet sich zur praktischen Bestimmung des Oxalsäuregehalts an? Säure-Base-Titration oder Fällung (CCK); Gravimetrie oder Red-Ox-Titration (SCK)
 - c Durchführung: Manganometrie
2. „Frisches Brot macht Bauchschmerzen“
 - a Hintergrund: Frisches Brot schmeckt besser als altes und würde zu schnell aufgegessen
 - b Weiterführung und Durchführung: entfallen, da *white lie* zur Abschreckung (nicht naturwissenschaftlich)
3. „Iss’ Spinat wegen des Eisens“
 - a Hintergrund: der Eisengehalt von Spinat wurde fehlerhaft bestimmt: Massenanteil (CCK) auf Frisch- statt auf Trockenmasse bezogen (SCK)
 - b Weiterführung: Eisenbestimmung in Spinat? Massenerhaltung und Gesetz der Konstanten Proportionen (CCK zu Gravimetrie), Komplexbildung und Lambert-Beersches Gesetz (SCK (Sek I!) zu Colorimetrie)
 - c Durchführung: Photometrie (optional)

3. Analytische Praxisübungen

Wesentliches Element des Moduls sind die mit den Theorieeinheiten koordinierten analytischen Praxisübungen, die einen Anwendungsanlass für Fachwissen schaffen und die Schulung von Laborfertigkeiten unterstützen. Studierende lernen qualitative und quantitative Analysemethoden kennen, die auch unter Schulbedingungen ‚laufen‘; bspw. wird statt eines professionellen Messgeräts ein preisgünstiges, von Schülerinnen und Schülern entwickeltes Spektrometer (Schaal & Ott, 2004) zur Aufnahme von VIS-Spektren eingesetzt (alternativ z. B. Happel, 2020). Einen Überblick über die Theorie- und Praxis-Inhalte des Moduls gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Inhalte des Integrationsmoduls ‚Analytische Chemie‘
(VL: Vorlesung, PR: Praktikum)

1	VL: Grundlagen analytische Chemie (qualitativ vs. quantitativ, Messfehler) PR: Gravimetrie von Fe^{3+} mit NH_3 (aq)
2	VL: Gravimetrie, Fällungsreaktionen, Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt PR: Gravimetrie von Fe^{3+} mit NH_3 (aq) (Fortführung von 1)
3	VL: Anionennachweise (Komplexbildung, Fällung) PR: Anionen-Analyse (Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ nebeneinander)
4	VL: Vorproben und Linienspektren (Atommodelle, Quantenchemie) PR: Boraxperlen (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+}), Linienspektren (Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+})
5	VL: Trennungsgang und Analytische Gruppen (H_2S -, Urotropin-, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -Gruppe) PR: Kationen-Analyse (Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} nebeneinander)
6	VL: Chromatographie (Grundlagen, Verfahren (DC, LPC)) PR: Wieso gibt es grüne Schokoerdnüsse?
7	VL: Organische Nachweise, Lebensmittelanalytik PR: halbquantitativer Nachweis von Cumarin in Zimt – Fluorimetrie
8	VL: Säure-Base-Titration und Indikatoren (Volumetrie, Puffersysteme, ÄP-Abschätzung) PR: Alkalimetrie von Methan- oder Ethansäure
9	VL: RedOx-Titration (Grundlagen, Verfahren, Äquivalentkonzentration) PR: Manganometrie von Oxalsäure, Iodometrie von Ascorbinsäure
10	VL: Farbigkeit, Absorption (d-d-Übergänge, Polymethinfarbstoffe) PR: VIS-Spektrometrie von farbiger Tinte
11	VL: Photometrie (Grundlagen, weitere spektroskopische Verfahren + NMR) PR: Cu^{2+} -Gehaltsbestimmung als Diammin-Komplex
12	VL: Komplexometrie, umweltanalytische Schnelltests (Schadstoffe, Wasser-, Luftanalyse) PR: Wasserhärtebestimmung mit EDTA
13	VL: Forensische Chemie (Toxizität von HCN, Marsh'sche Probe, Luminolreaktion) PR: Luminolreaktion mit Fe^{3+} , Cu^{2+} , Blutwurst, menschlichem Blut (freiwillige Spende)

4. Fazit

Das Integrationsmodul Analytische Chemie verknüpft vielfältige Aspekte der Bezugswissenschaft Chemie für Studierende ‚neu‘ miteinander und expliziert Zusammenhänge im Fach und darüber hinaus. Sicher ist die Vermittlung von LCK kein Allheilmittel gegen ein resignierendes ‚Das brauche ich nie wieder‘. Genauso sicher unterstützt es aber das Verstehen von Studierenden, denen man vielleicht an zu vielen Stellen – gemessen an den allfälligen Ansprüchen des Studienalltags – zu viel eigene Integrationsleistung abverlangt. Studierende der PH Schwäbisch Gmünd bewerten das Modul in seiner Anlage, den Anforderungen und dem wahrgenommenen Lernerfolg in der semesterabschließenden Evaluation mehrheitlich positiv.

Literatur

- Blum, W. & Henn, H.-W. (2003). Zur Rolle der Fachdidaktik in der universitären Gymnasiallehrerbildung. *MNU*, 56(2), 68–76.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.). (2008). *Chemie im Kontext*. Münster: Waxmann.
- Happel, O. (2020). Ein LED-Selbstbauphotometer für den MINT-Bereich. *Chemkon*, 27(6), 287–294. <https://doi.org/10.1002/ckon.202000002>
- Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A. & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 19(2), 329–349. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6>
- Lorentzen, J. (2020). *Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens*. Berlin: Logos.
- Nixon, R. S., Toerien, R. & Luft, J. A. (2019). Knowing more than their students. *School Science and Mathematics*, 119(3), 150–160. <https://doi.org/10.1111/ssm.12323>
- Schaal, F. & Ott, T. (2004). *Spektec. Von der Partyleuchte zum Spektrometer*. Beitrag zum Bundeswettbewerb «Jugend forscht». <http://spektec.sbb-stiftung.de/jufo2004.pdf>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Vorst, H. van, Fechner, S. & Sumfleth, E. (2018). Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24, 167–181. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0081-z>
- Wagener, U., Reimer, M., Lüschen, I., Schlesier, J. & Moschner, B. (2019). „Krass lehramtsbezogen“. *Herausforderung Lehrer*innenbildung*, 2(1), 210–226.
- Winter, M. & Anger, Y. (2010). *Studiengänge vor und nach der Bologna-Reform*. HoF-Arbeitsberichte 1/2010.

Innovative Kooperation mit Forschungsabteilungen aus Physik und Technik für das Lehramtsstudium

Kontextualisiertes Lernen anhand aktueller Forschungsprojekte

Andrea Maria Schmid, Markus Rehm & Dorothee Brovelli

Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie die Zusammenarbeit einer Pädagogischen Hochschule mit einer fachwissenschaftlichen Forschungseinrichtung für die Ausbildung angehender Lehrkräfte realisiert wird. Diese Kooperation stellt eine Möglichkeit dar, aktuelle fachwissenschaftliche Forschungsprojekte curricular in die Lehrkräftebildung im Bereich der Naturwissenschaften, Schwerpunkt Physik und Technik, einzubinden. Damit wird es möglich, stark fachlich geprägte Kontexte auf konkretes Unterrichtshandeln zu beziehen und dabei lernförderliche sowie gendersensitive Kriterien für die Planung und praktische Umsetzung von naturwissenschaftlich-technischem Unterricht zu berücksichtigen. Neben dem fachwissenschaftlichen und -didaktischen Kompetenzerwerb sollen die Interessen und Einstellungen der Lehramtsstudierenden im Bereich von Naturwissenschaften und Technik positiv beeinflusst werden.

1. Aufbau und didaktisches Konzept des Seminars

Die Pädagogische Hochschule Luzern (kurz: PH Luzern) und die Hochschule Luzern setzen im Rahmen des schweizweiten Programms „Netzwerk MINT-Bildung“ von 2017 bis 2024 diverse Projekte um. Das nachfolgende Teilprojekt ist darin eingebettet.

Das Seminar für Lehramtsstudierende beschäftigt sich mit aktuellen Forschungsprojekten der Hochschule Luzern Technik & Architektur (kurz: „T&A“), die als authentische Kontexte für Lerninhalte im Lehramtsstudium für die Sekundarstufe 1 in den Naturwissenschaften eingesetzt werden können. Die Umsetzung erfolgt im Modul „Technik und Wissenschaft im öffentlichen Raum“ für Masterstudierende (7.-9. Semester) an der PH Luzern. Die Studierenden erfassen die zugrundeliegenden physikalischen Konzepte und bereiten daraus kontextualisierte Lernumgebungen mit Lehrplanbezug im Fach Natur und Technik für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 (7.–9. Schuljahr) vor. Die daraus resultierenden 20-minütigen Unterrichtsminiaturen werden anschließend von den Lehramtsstudierenden in den Laboren der Hochschule Luzern mit Schulklassen selbst durchgeführt. Unterstützung erhalten die Studierenden in ihrer Erarbeitung fachwissenschaftlich von wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Hochschule Luzern T&A und fachdidaktisch von Dozierenden der PH Luzern. Das Seminar wird jeweils im Herbstsemester in 12 Sitzungen à 90 Minu-

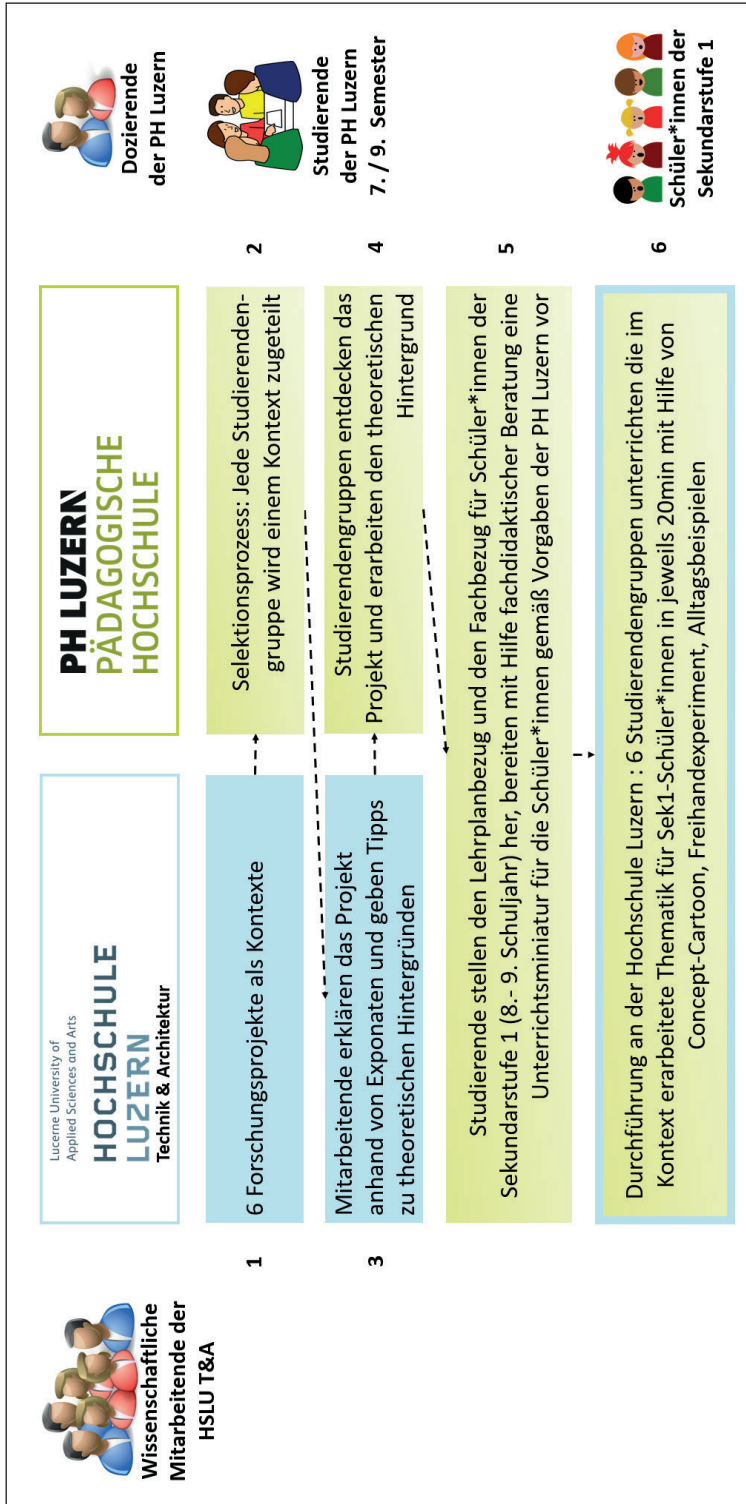


Abb. 1: Ablaufübersicht des Seminars

ten durchgeführt. In Abbildung 1 wird eine Ablaufübersicht dargestellt (vgl. Onlinematerial 1¹):

2. Aktuelle Forschungsprojekte als Lernkontexte

Fachdidaktische Studien zu kontextualisiertem Lernen belegen einen positiven Einfluss auf die affektiven Lernendencharakteristika, wie z. B. das Interesse (u. a. Löffler et al., 2018; van Vorst et al., 2018). Bei den kognitiven Auswirkungen liegen u. a. aufgrund unterschiedlicher Begriffsdefinitionen und Forschungsmethoden heterogene Befunde vor (u. a. Bennett et al., 2007; Löffler et al., 2018; van Vorst et al., 2018). Der Begriff Kontext meint dabei eine meist außerfachliche Situation, die als Ausgangspunkt für die Erarbeitung des fachlichen Inhalts genutzt wird (Gilbert, 2006). Kontexte lassen sich durch verschiedene Merkmale auf Lernenden- bzw. Kontextebene charakterisieren. Diesen beiden Ebenen übergeordnet stehen u. a. die Merkmale Bekanntheitsgrad (Alltagsbezug/Besonderheit/Aktualität) sowie Authentizität. Befunde aktueller Studien zeigen bezüglich der Merkmale Alltagsbezug, Besonderheit und Authentizität, im Gegensatz zum Merkmal Aktualität, signifikante Effekte auf das Interesse (van Vorst et al., 2018). Besondere Kontexte erzeugen höheres situationales Interesse und scheinen geeignet, um Lernende zu motivieren und kognitiv zu aktivieren. Alltägliche Kontexte führen in der Regel aufgrund des konkreten Lebensweltbezugs zu einer höheren individuellen Relevanz (van Vorst et al., 2018).

Die folgenden sechs Forschungsprojekte der Hochschule Luzern T&A werden im Seminar als authentische und aktuelle, besondere Kontexte mit Alltagsbezug für Lerninhalte im Lehramtsstudium genutzt (vgl. Onlinematerial 2): Energy-Harvesting, Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen, Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen, Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel, Messung von Schallleistungspegel-Werten, Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze.

3. Fachliche Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion

Das Forschungsprojekt als fachwissenschaftlicher Lernkontext wird von den Studierendengruppen nach dem Kennenlernprozess fachlich elementarisiert (Reinhold, 2006) und nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Wilhelm & Kalcsics, 2017) als 20-minütige Unterrichtsminiatur aufbereitet. Dabei stehen folgende Elemente im Zentrum:

Fachliche Klärung: Nach einer zweistündigen Einführung in das jeweilige Forschungsprojekt und das zugehörige Labor durch wissenschaftliche Mitarbeitende erarbeiten die Studierendengruppen eine Sachstrukturanalyse mit relevanten Fachwörtern und fachlicher Korrektheit. Zur Auswahl der relevanten Elemente und der

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

Zielorientierung für die Sekundarstufe 1 wird der Sachinhalt von den Studierenden mit dem für die deutsch- und mehrsprachigen Schweizer Kantone geltenden Volksschullehrplan, Lehrplan 21 für das Fach Natur & Technik (D-EDK, 2016), in Verbindung gebracht. Als weiterführendes Element der Bildungsrelevanz wird die Verortung des ausgewählten Sachinhalts in die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler erstellt.

Erfassung der Schülerinnen- und Schülerperspektive: In einem nächsten Schritt werden aus der Literatur bekannte Schülerinnen- und Schülervorstellungen zu einem zuvor ausgewählten fachlichen Aspekt des Forschungsprojekts ermittelt (Schecker et al., 2018).

Didaktische Strukturierung: Anschließend wird die eigentliche Unterrichtsgestaltungsplanung mit Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für die rund 20-minütige Unterrichtsminiatur unter folgenden Bedingungen mit fachdidaktischer Beratung durch Dozierende der PH Luzern ausgearbeitet: Kriterien für gendergerechten Natur- und Technikunterricht (u. a. Amon et al., 2014) werden exemplarisch vorgestellt und für die Planung und Durchführung miteinbezogen. Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler werden mit einem Concept-Cartoon (Naylor & Keogh, 2013) adressiert. Eine kognitive Aktivierung durch die kontextbezogene Problemstellung und eine erste Erarbeitung eines Fachkonzepts stehen im Fokus (Wilhelm & Kalcsics, 2017). Es wird mindestens ein Freihandexperiment zur gewählten Thematik mit spezifischen Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler integriert. Das jeweilige als Kontext dienende Forschungsprojekt und -labor wird thematisiert und die Relevanz mit mindestens einem konkreten Transferbeispiel in die Lebenswelt aufgezeigt. Um wesentliche Aspekte zu visualisieren, wird ein Poster oder eine Bildschirmpräsentation erstellt. Analogien (z. B. Spiralfeder für Schallausbreitung) werden sinnstiftend eingesetzt. Um eine Verknüpfung zum anschließenden Regelunterricht herzustellen, wird mindestens ein Nachbereitungsvorschlag für die Lehrkraft konzipiert.

Jede Gruppe führt ihre Unterrichtsminiatur abschließend an zwei Halbtagen jeweils mit einer bis zwei Schulklasse(n) in drei Kleingruppen aufgeteilt durch. Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Rückmeldungen erfolgen durch die am Seminar beteiligten Mitarbeitenden beider Hochschulen nach jeder Durchführung, so dass eine stetige professionelle Weiterentwicklung der Lehramtsstudierenden möglich ist.

4. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Seminar wird wissenschaftlich begleitet, um nähere Informationen zu den Auswirkungen der fachdidaktischen Konzeption auf affektive Merkmale der Lehramtsstudierenden sowie Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 zu erhalten (Schmid & Brovelli, 2019). Das Lehr-Lern-Format wurde im Zeitraum von 2017 bis 2020 viermal mit insgesamt über 150 Studierenden und 23 Schulklassen durchgeführt. Erste Ergebnisse (N=149) zeigen, dass bei den Studierenden keine Änderung des zu Beginn bereits hohen individuellen Interesses feststellbar ist. Die Entwicklung des physikbezogenen Selbstkonzepts weist genderspezifische Unterschiede zu Gunsten der Probandinnen auf. Die Arbeit mit den forschungsbasierten Kontexten an der

Hochschule Luzern T&A wurde von den Studierenden als authentisch wahrgenommen. Es wurden signifikante Änderungen der Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik unmittelbar nach der letzten Seminarsitzung gemessen, u. a. stufen Studierende nach dem Seminar die Natur- und die Technikwissenschaften als kreativer ein. Das Lehr-Lern-Format wird ab 2021 für vier weitere Jahre fortgeführt. Hierfür werden zusätzliche Forschungsprojekte der Fachhochschule identifiziert, die künftig als aktuelle sowie authentische Lernkontexte eingesetzt werden können. Der organisatorische Aufwand mit allen Akteurinnen und Akteuren in dieser modulbasierten Kooperation ist nicht zu unterschätzen, aber in 90-minütigen Stundenplaneinheiten durchaus umsetzbar. Das Format der 20-minütigen Unterrichtsminiaturen wurde von den Lehrkräften der teilnehmenden Schulklassen geschätzt, da es breite Einblicke in verschiedene Themen ermöglicht.

Literatur

- Amon, H., Bartosch, I., Lembens, A. & Wenzl, I. (2014). *Gender_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (2. Aufl.). Alpen-Adria-Universität.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) (Hrsg.). (2016). *Lehrplan 21 Natur & Technik für den 3. Zyklus*. Verfügbar unter: <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=b|6|2>
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students’ context-based problem-solving in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 63(3), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1514673>
- Naylor, S. & Keogh, B. (2013). Concept Cartoons: What Have We Learnt? *Journal of Turkish Science Education*, 10(1), 3–11.
- Reinhold, P. (2006). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 86–102). Cornelsen.
- Schecker, H., Wilhelm, Th., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Schmid, A. & Brovelli, D. (2019). Affektive Wirkungen technischer Forschungskontexte im Lehramtsstudium. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (GDGP, Bd. 39, S. 747–750). Universität Regensburg.

- Van Vorst, H., Fechner, S. & Sumfleth, E. (2018). Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 167–181. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0081-z>
- Wilhelm, M. & Kalcsics, K. (2017). *Lernwelten Natur – Mensch – Gesellschaft Ausbildung. Fachdidaktische Grundlagen – Studienbuch 3. Zyklus* (1. Aufl.). Schulverlag plus.

Zusatzmaterial: Innovative Kooperation a



Zusatzmaterial: Innovative Kooperation b



Forschung trifft Schule

Chemie-Labothek als innovatives, vernetzendes Format

*Claudia Bohrmann-Linde, Nico Meuter, Richard Kremer,
Nuno Pereira Vaz & Julian Venzlaff*

Mit der Wuppertaler Chemie-Labothek ist ein curricular in die Lehramtsausbildung eingebundenes Lehr-/Lernformat gewachsen, das Studierende zum Einen mit Ergebnissen curricularer Innovationsforschung zu zukunftsweisenden Themen der Naturwissenschaften und Technik, wie z. B. Solarenergiekonversion in alternativen Solarzellen, Nutzung leitfähiger Polymere für OLEDs und OPVs, sowie Photoprozesse bei der Nutzung intelligenter Materialien vertraut macht. Gleichzeitig ermöglicht es die Verzahnung mit der schulischen Praxis durch Vermittlung der neu erworbenen Kenntnisse an Oberstufenschülerinnen und -schülern in wiederholt durchgeführten MICROTEACHING-Einheiten und leistet dabei einen Beitrag zur Förderung der Handlungs- und Reflexionskompetenzen sowie des fachdidaktischen Wissens der Studierenden.

1. Motivierende und zukunftssträchtige Kontexte für universitäre und schulische Lehr-/Lernangebote

Neben den für den Erwerb eines breiten chemischen Grundlagenwissens unverzichtbaren Lehrinhalten sowie schulrelevanten Themen der Chemie sollten universitäre Curricula für das Lehramtsstudium auch Inhalte aktueller Forschung ausweisen, die es zukünftigen Lehrkräften ermöglichen, ihr erworbenes Wissen auf neue Sachverhalte anzuwenden und Fragestellungen mit Bezug auf wissenschaftliches Neuland zu entwickeln. Damit kann zukünftigen Lehrkräften das Bild einer sich stetig weiterentwickelnden Naturwissenschaft während ihrer Ausbildung vermittelt werden. Ähnliches gilt auch, entsprechend abgestuft, für schulischen Chemieunterricht. Die Forschenden von morgen rekrutieren sich aus der heutigen Schülergeneration. Daher sollte schon in der Schule durch geeignete Kontexte erfahrbar gemacht werden, dass die Naturwissenschaften fortwährend eine Fülle an zukünftig neu oder weiter zu erforschenden Themenfeldern bereithalten. Geeignete Kontexte können durchaus, im Sinne eines AMBITIOUS SCIENCE TEACHING (Windschitl et al., 2018), komplexe Phänomene adressieren sowie die experimentelle Auseinandersetzung und die Anwendung verschiedener Konzepte erfordern.

Die Forderung nach Kontextorientierung ist nicht neu (Parchmann et al., 2001; Scheid, 1913). Aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler werden Kontexte

insbesondere dann als authentisch und interessant erachtet, wenn sie aktuell und besonders sind (van Vorst et al., 2015). Entsprechende Kontexte können auch unterrichtsergänzend in Schülerlaboren eröffnet bzw. erschlossen werden, wobei Angebote zu entwickeln sind, deren Experimentalprogramme deutlich über klassische Versuche wie die Titrations von Cola oder Versuche zum Ester-Gleichgewicht hinausgehen. Besonders wertvoll sind Angebote, die zudem an etablierte Fachinhalte des Chemieunterrichts anknüpfen und mehrere Themenfelder verbinden.

Für die Chemie-Labothek wurden für die aktuell drei verfügbaren Kurse entsprechend die folgenden Kontexte gewählt: a) „Alternative Solarzellen auf der Basis von Titandioxid“, b) „Organische Leuchtdioden und Solarzellen auf der Basis von Kunststoffen“ und c) „Licht treibt Prozesse in Umwelt und Technik an“ (z. B. molekulare Schalter), die anknüpfend an die curricular verankerten Themenfelder Elektrochemie, Kunststoffe und Farbstoffe erarbeitet werden.

2. Innovationscharakter der Labothek-Kurse und der Lehrveranstaltung

Sowohl die Lehrveranstaltung als auch die Labothek-Kurse an sich sind in verschiedener Hinsicht innovativ: Einerseits hinsichtlich der behandelten, noch nicht in den universitären und schulischen Curricula verankerten, zukunftssträchtigen Inhalte, die als Ergebnisse curricularer Innovationsforschung über entwickelte Experimente und verschiedene digitale Medien zunächst erschlossen und später vermittelt werden. Andererseits hinsichtlich der Möglichkeit des weiter unten beschriebenen Kompetenzzuwachses in wiederholt durchgeführten und reflektierten Betreuungssituationen und letztlich hinsichtlich der Möglichkeit der Studierenden, teilweise an Optimierungsschleifen curricularer Innovationsforschung zu partizipieren.

3. Konzeption der Labothek-Kurse und der Lehrveranstaltung

Bei den Labothek-Kursen handelt es sich um seit Beginn des Jahrtausends gewachsene (Tausch & Bohrmann, 2002) und in steter Weiterentwicklung befindliche Programme, die auf fachdidaktischen Promotions- bzw. Abschlussarbeiten basieren (z. B. Selbherr, 2017; Zeller, 2019; Banerji, 2012; Zepp, 2017). Die inhaltliche Progression in einem Labothek-Kurs folgt dem didaktischen Leitsatz „vom Etablierten zum Innovativen“. So beginnt z. B. der Labothek-Kurs zu alternativen Solarzellen auf der Basis von Titandioxid mit Versuchen zur Leitfähigkeit bei Metallen, Lösungen und Halbleitern und geht über Titandioxid-basierte photogalvanische Zellen hin zu sensibilisierten Grätzelzellen, die mittlerweile z. B. in Form gebäudeintegrierter Photovoltaik an Gebäudefassaden wie z. B. am Swiss Tech Convention Center in Lausanne verbaut sind.

Die Integration der Ergebnisse fachdidaktischer Forschung in die Labothek dient auch der Evaluierung entwickelter Experimente, Konzepte und Medien und führt zu weiteren Iterationsschleifen gemäß der Vorgehensweise curricularer Innovationsfor-

schung (Tausch, 2020). Die Integration in die curricular verankerte Lehrveranstaltung und die Möglichkeit der Partizipation der Studierenden an Iterationsschleifen wurde in den vergangenen Jahren ausgebaut. Die Struktur der Lehrveranstaltung in ihrer aktuellen Form sowie die Phasen eines i.d.R. fünfstündigen Labothek-Kurses ist Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Struktur der Lehrveranstaltung und Phasen eines Labothek-Kurses.

Lehrveranstaltung „Forschung und Entwicklung in der Fachdidaktik Chemie (Labothek)“ im M.Ed.		
<u>Vorlesungseinheiten und Übungen:</u> Erschließen von Grundlagen der Photochemie und von für die Labothek-Kurse relevanten weiteren innovativen Fachinhalten		
<u>Laborphase:</u> Durchführung und Einübung von Experimentiersequenzen (arbeitsteilig)		
<u>Seminarphase:</u> Präsentation der Experimente und fachliche Klärung zugrunde liegender Prozesse im Plenum		
<u>Seminarphase:</u> Perspektivwechsel von lernender zu lehrender Person – didaktische Überlegungen zur Vermittlung der inhaltlich und experimentell erschlossenen Inhalte an Schüler*innen und Sichtung und Diskussion verschiedener vorhandener Lehr-/Lernmedien (Animationen, ppt-Folien, Bildmaterial, Prototyp eines E-Books etc.) für einen Materialpool		
<u>Interaktion im Labothek-Kurs:</u> Betreuung von Schüler*innengruppen im <i>microteaching</i> (insgesamt 5 Betreuungseinheiten bei fünf verschiedenen Lerngruppen mit zwischenliegender Reflexion des eigenen Unterrichtens, Identifikation möglicher alternativer Handlungsoptionen und Erklärungsansätze)		
Phase	Aktivität Dozierender	Aktivität Studierender
Einstieg in den Kurs	Begrüßung und Informationen zur Studien- und Berufsorientierung durch Dozent/in	Bericht über Motivation für die Wahl des Studiums und als positiv bzw. negativ wahrgenommene Aspekte des Studiums durch Studierende
Experimentierphase	Dozent/in beobachtet Interaktion der Studierenden mit Schüler/innen (und steht für Fragen zur Verfügung)	Studierende begleiten Schüler/innen beim Experimentieren und vermitteln die neuen Inhalte im Unterrichtsgespräch in der jeweiligen Kleingruppe
Vorbereitungsphase		Studierende beobachten die Schüler/innen bei der Vorbereitung der Gruppenpräsentationen und der Auswahl von Medien aus dem Materialpool und stehen für Fragen zur Verfügung
Präsentationsphase	Dozent/in rahmt die Phase der Präsentationen durch die Schüler/innen-gruppen und greift bei Bedarf ein.	Studierende beobachten Schüler/innen und stellen den präsentierenden Gruppen ggf. Fragen oder liefern bei Bedarf Erklärungen.
Seminarphase: Abschlussreflexion des eigenen Unterrichtens und der (möglichen) Entwicklung über die fünf Betreuungstermine hinweg mit Dozent/in und Kommiliton/innen, Möglichkeit der Rückmeldung zu verfügbaren Lehr-/Lernmaterialien und Abgabe von Verbesserungsvorschlägen, abschließender Fragebogen zur Lehrveranstaltung		

4. Kompetenzerwerb der Studierenden

Für die Studierenden besteht die Möglichkeit des Kompetenzerwerbs bzw. der Vertiefung vorhandener Kompetenzen auf mehreren Ebenen. Einerseits vertiefen die Studierenden ihre Kompetenzen in Zusammenhang mit dem Umgang mit Fachwissen, wobei sie neue Inhalte theoretisch und experimentell erarbeiten. In der zweiten Seminarphase (vgl. Tab. 1) erfolgt eine Förderung des fachdidaktischen Wissens, mit Fokus auf die Anleitung von Schülerexperimenten und vor allem hinsichtlich Überlegungen zu geeigneten Formen der Erklärungen, der Auswahl von Analogien, von Abbildungen und digitalen Begleitressourcen, die die Studierenden als Materialpool für die Schülerinnen und Schüler zusammenstellen.

In der Regel wird die Lehrveranstaltung anschließend an das Praxissemester belegt, womit auf erste Kompetenzen im Handlungsfeld „Unterrichten“ zurückgegriffen werden kann. Im Rahmen der wiederholten Betreuungsdurchläufe erhalten die Studierenden die Möglichkeit, basierend auf Reflexionen ihrer Interaktionen mit den Lernenden ihre Handlungskompetenz zu erweitern, z. B. bezüglich der Aktivierung Lernender durch geeignete Fragen und Impulse.

Mit der Kombination aus Vorbereitung der Studierenden vor den Betreuungseinheiten und der Möglichkeit der wiederholten Durchführung der Betreuung wird die von Priemer formulierte „Rahmenbedingung für eine didaktische und pädagogische Fokussierung auf eigenen Unterricht bzw. auf das eigene Handeln als Lehrperson“ (Priemer, 2020, S. 168) geschaffen.

Durch wiederholte Betreuung derselben Kursblöcke bei verschiedenen Lerngruppen und zwischenzeitlich in Gesprächen mit Dozierenden und Mitstudierenden erfolgende Betrachtungen des eigenen Handelns in Vermittlungssituationen kann schließlich ein Beitrag zur Förderung der Reflexionskompetenz geleistet werden.

Wenngleich die Veranstaltung hinsichtlich ihrer Workload als anstrengend empfunden wird, schließen die Studierenden mit insgesamt positiven Feedbacks (vgl. Abb. 1), die sich aus der mündlichen Abschlussreflexion und den Freitextantworten der schriftlichen Abschlussbefragung ergeben.

Aktuell werden sämtliche Materialien der Labothek-Kurse in ein E-Book-Format überführt, sodass zukünftig experimentelle Beobachtungen und Ergebnisse individuell in einem Dokument integriert und die Labothek-Kurse ohne Medienbruch

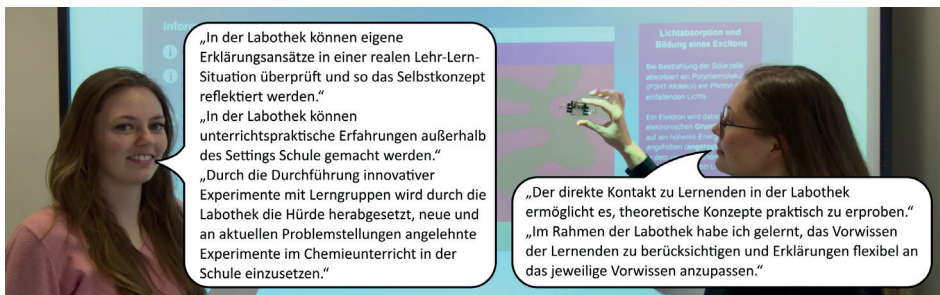


Abb. 1: Ausgewählte Rückmeldungen aus der Rückmeldungen aus der Abschlussreflexion.

absolviert werden können. Die Studierenden partizipieren auch an dieser Entwicklungsstufe, indem sie die Materialien selbst bearbeiten und Optimierungsvorschläge machen können.

Literatur

- Banerji, A. (2012). *Vom Plexiglas® zum OLED-Display – Konjugierte Polymere in der curricularen Innovation* (Dissertation). Bergische Universität Wuppertal. <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-3135/dc1216.pdf>
- Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A., & Huntemann, H. (2001). Chemie im Kontext. Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 50 (1), 2–7.
- Priemer, B. (2020). Ein kurzer Überblick über den Stand der fachdidaktischen Forschung der MINT-Fächer an Lehr-Lern-Laboren. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 159–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_11
- Scheid, K. (1913). *Methodik des chemischen Unterrichts*. Quelle & Meyer.
- Selbherr, A. (2017). *Untersuchung verschiedener Titandioxid-Proben und Herstellungsverfahren von Photoelektroden für photogalvanische Zellen für den Chemieunterricht*. (Wissenschaftliche Arbeit zum 1. Staatsexamen). Universität Tübingen.
- Tausch, M. (2020). *Chemie mit Licht – Innovative Didaktik für Studium und Lehre*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60376-5>
- Tausch, M., & Bohrmann, C. (2002). Labothek Duisburg. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 51(8), 34–35.
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21, 29–39. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5>. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5>
- Windschitl, M. Thompson, J., & Braaten, M. (2018). *Ambitious Science Teaching*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Press.
- Zeller, D. (2019). *Didaktische Erschließung von Titandioxid für den Chemieunterricht – Entwicklung und Optimierung von Experimenten, didaktischen Konzepten und Medien* (Dissertation). Bergische Universität Wuppertal. <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbc/chemie/diss2019/zeller>
- Zepp, M. (2017). *Organische Photovoltaik für Unterricht und Lehre* (Dissertation). Bergische Universität Wuppertal. <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbc/chemie/diss2017/zepp/>

Lehr-Lern-Labor BinEx

Konzeption eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zum
binnendifferenzierenden Experimentieren

Anita Stender

Eine Kompetenz von Lehrpersonen, die bereits im Studium angebahnt werden soll, ist die diagnostische Kompetenz zur adäquaten Einschätzung von Schwierigkeiten experimenteller Lernumgebungen (z. B. Artelt & Gräsel, 2009; Draude, 2016). Um diese Kompetenz anzubahnen, wurde das Lehr-Lern-Labor zum binnendifferenzierenden Experimentieren (Lehr-Lern-Labor BinEx) an der Universität Duisburg-Essen mit Unterstützung der Telekom-Stiftung im Masterstudium für das Lehramt Physik etabliert.

1. Angestrebter Professionalisierungsprozess im Lehr-Lern-Labor BinEx

In Lehr-Lern-Laboren sollen Studierende durch komplexitätsreduzierte Unterrichtssituationen Kompetenzen erwerben bzw. weiterentwickeln (Brüning et al., 2020). Dabei soll das forschende Lernen von Studierenden zu fachdidaktischen Inhalten und eine theoriebasierte Reflexion der Lehr-Lern-Aktivitäten im Fokus stehen (ebd.). Angenommene Lernprozesse, die mit Lehr-Lern-Laboren angestoßen werden, können mit Hilfe des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung beschrieben werden. Bei diesem Modell wird zwischen dem an der Universität erworbenen collective PCK (cPCK) und dem, durch die aktive Auseinandersetzung mit konkreten Unterrichtssituationen entwickelten, persönlichen PCK (pPCK) unterschieden (Stender & Brückmann, 2020; für PCK-Facetten vgl. auch Carlson & Daehler, 2019). Letzteres umfasst sowohl Bewertungsschemata z. B. zur Einschätzung der Schwierigkeit von (Experimentier-)aufgaben (Pfister et al., 2017) als auch Handlungsskripte, die den Ablauf eines Unterrichtes bestimmen (Shavelson, 1986). Zentrale Annahme des Modells ist, dass Lehrpersonen im Studium zunächst cPCK erwerben. Erst durch Entscheidungsprozesse während der Unterrichtsplanung und abschließende Reflexionsprozesse über die Konsequenzen der Entscheidung, verändert sich das cPCK. Erfolgreiche theoretische Ansätze werden verstärkt und ins pPCK übernommen, wohingegen nicht erfolgreiche theoretische Ansätze verworfen werden. Mit der Zeit erweitert sich so das pPCK und das cPCK verliert an Relevanz für Planungsprozesse. Dieser Veränderungsprozess kann auch für Bewertungsschemata angenommen werden, mit denen Lehrpersonen die Schwierigkeit eines Experimentes einschätzen. Vermittelt man

Studierenden zum Beispiel, dass Experimente mit wenigen Lösungswegen leichter sind, so werden sie zunächst Experimente hinsichtlich dieses Merkmals einschätzen. Stellen Sie allerdings in ihrem eigenen Unterricht fest, dass ihre Schülerinnen und Schüler mit weniger gelenkten Experimenten genauso gute Lernergebnisse erzielen, so werden sie nachfolgend dieses Merkmal als weniger relevant bewerten. Ihr Bewertungsschema bzw. ihr pPCK verändert sich durch die Erfahrung in Abhängigkeit der Schülervoraussetzungen und des Unterrichtskontextes.

2. Konzeption des Lehr-Lern-Labor BinEx

Im Lehr-Lern-Labor BinEx sollen die Studierenden erste persönliche Bewertungsschemata zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterialien entwickeln. Um den hierzu notwendigen Entwicklungsprozess anzustoßen, wurde das Seminar zum Lehr-Lern-Labor BinEx in einen Lernblock zur Vermittlung des cPCK, in einen Lernblock zur Entwicklung eigener experimenteller Lernumgebungen und in einen Lernblock zur theoriegeleiteten Reflexion unterteilt (siehe Tabelle 1, 2, 3). Im ersten Lernblock erhalten die Studierenden einen theoretischen Input über Merkmale zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentieraufgaben (Trendel & Lübeck, 2018) und zur Einschätzung von Experimentiermaterialien (Boyer et al., 2019; vgl. Tabelle 1). Sie wenden diese Merkmale bei einem Vergleich von Experimentiermaterialien und Simulationen sowie von experimentellen Lernumgebungen an. So soll anwendbares cPCK über die Schwierigkeit von Experimentiermaterialien und Experimentierumgebungen vermittelt werden. Die erfolgreiche Vermittlung wird überprüft, indem zu Beginn und zum Ende dieses Lernblocks Bewertungsschemata der Studierenden zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterialien und Experimentieraufgaben erhoben werden.

Tab. 1: Lernblock 1.

Lernblock 1 – Vermittlung des cPCKs	
Lernziele	Die Studierenden können ... • den (digitalen) experimentellen Lernumgebungen zuordnen, welche kognitiven Prozesse, welche Komplexität und welcher Kompetenzbereich gefördert werden soll; • die Schwierigkeit von Simulationen und realem Experimentiermaterial anhand von Merkmalen einschätzen.
Literatur-Quellen Für cPCK	• Merkmale zur Charakterisierung experimenteller Aufgabenstellung: Trendel & Lübeck (2018) • Merkmale zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterial: Boyer et al. (2019)

Lernblock 1 – Vermittlung des cPCKs

Methoden & Medien	• Vergleich experimenteller Lernumgebungen • Vergleich von realen Experimentiermaterialien • Vergleich von Simulationen • Vergleich von experimentellen Lernumgebungen, die mit der Lernplattform Graasp von Go-Lab umgesetzt wurden.
Lernerfolgskontrolle	• Prä-Erhebung und 2. Erhebung: Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterial (in Anlehnung an Boyer et al., 2019) und Experimentieraufgaben (Neuentwicklung)

Im zweiten Lernblock sollen die Studierenden das erworbene cPCK in die Entwicklung eigener experimenteller Lernumgebungen einfließen lassen. Um auch während der Covid-19-Pandemie eine Erprobung der entwickelten Lernumgebungen zu ermöglichen, wird ab dem Wintersemester 2020/21 die Lernplattform Graasp von Go-Lab eingesetzt (www.golabz.eu). Die Studierenden entwickeln im Seminar eine digitale Lernumgebung für den Themenbereich Mechanik unter dem Einsatz von Simulationen für die Mittelstufe. Dabei werden sie durch Peer-Feedback in Plenumsdiskussionen und Feedback von den Dozierenden während der Seminarzeit unterstützt, die auf antizipierte Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler und mögliche Anpassung der Lernumgebungen fokussieren.

Tab. 2: Lernblock 2.

Lernblock 2 – Eigene Entwicklung

Lernziele	Die Studierenden können ... • eigene experimentelle Lernumgebungen mit Graasp entwickeln; • Simulationen ihrem Lernziel entsprechend auswählen; • die Schwierigkeit der Simulation anhand der Merkmale von Boyer et al., (2019) einschätzen; • die Schwierigkeit ihrer digitalen experimentellen Lernumgebung anhand von kognitiven Prozessen und der Komplexität einschätzen (Trendel & Lübeck, 2018); • Herausforderungen bei der Bedienung von digitalen experimentellen Lernumgebungen, erstellt mit der Lernplattform Graasp, antizipieren.
Methoden & Medien	• Entwicklung eigener experimenteller Lernumgebungen in Graasp • Austausch über Peer-Feedback und Feedback von den Dozierenden in Gruppen- und Plenumsdiskussionen

Im dritten Lernblock findet eine Erprobung der Lernumgebungen mit (einer) Schulklasse(n) statt. Die Schulklasse(n) bearbeite(n)t im Rahmen eines digitalen Experimentiernachmittages die Lernumgebungen. Durch die integrierte Lernanalysefunktionen können Studierende während der Bearbeitung sowohl Prozessdaten zum

Lernverhalten als auch Schülerlösungen live einsehen. Die Live-Beobachtung als auch die rückblickende Auswertung der Schülerlösungen unterstützt die Studierenden dabei, eine evidenzgestützte Einschätzung der Schwierigkeit ihrer Lernumgebung vorzunehmen. So können die Merkmale für Schwierigkeiten der Lernumgebungen, die in den eigenen Bewertungsschemata verankert sind, auf Basis der eigenen Erfahrungen reflektiert werden. Inwieweit sich die Bewertungsschemata durch diese theoriegeleitete Reflexion verändern, wird durch einen dritten Einsatz des adaptierten Online-Fragebogens von Boyer et al. (2019) erfasst.

Tab. 3: Lernblock 3.

Lernblock 3 – Theoriegeleitete Reflexion	
Lernziele	Die Studierenden können ... • aufgetretene Schwierigkeiten theoriebasiert reflektieren; • ihre eigenen Bewertungsschemata mit den Praxiserfahrungen abgleichen.
Methoden & Medien	• Erprobung mit Schulklasse • Lernanalysefunktion Learning Analytics Apps von Go-Lab • Austausch über aufgetretene Schülerschwierigkeiten im Seminar • Reflexion der eigenen Bewertungsschemata
Lernerfolgskontrolle	• 3. Erhebung: Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterial (in Anlehnung an Boyer et al., 2019) und Experimentieraufgaben (Neuentwicklung)

Im Rahmen des Lehr-Lern-Labor Seminars sollen die Studierenden in drei Lernblöcken zunächst cPCK erwerben, das sie durch Entscheidungsprozesse während der Unterrichtsplanung und abschließende Reflexionsprozesse über die Konsequenzen der Entscheidung in ihr pPCK überführen. So sollen sie Bewertungsschemata zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterialien entwickeln, die sie durch weitere Praxiserfahrungen im beruflichen Alltag weiterentwickeln können. Die hier beschriebene Seminarstruktur kann auf viele Seminare übertragen werden, bei denen Studierende die Schwierigkeit von Lernumgebungen anhand von spezifischen Merkmalen einschätzen. So kann ein Grundstein für die Entwicklung späterer Diagnosekompetenzen gelegt werden.

Literatur

- Artelt, C., & Gräsel, C. (2009). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23, 3. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.157>
- Boyer, L., Stender, A., & Härtig, H. (2019). Schwierigkeit von Experimenten – Eine Lehrerbefragung. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 309–312). Universität Regensburg.
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive

- Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (Vol. 5, S. 13–26). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Draude, M. (2016). *Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren*. Logos-Verlag.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Pfister, H.-R., Jungermann, H., & Fischer, K. (2017). *Die Psychologie der Entscheidung: Eine Einführung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53038-2>
- Shavelson, R. J. (1986). Toma de decision interactiva: algunas reflexiones sobre los procesos cognoscitivos de los profesores [Interactive decision making: Some thoughts on teacher cognition]. In L. M. V. Angulo (Hrsg.), *Pensamientos de los profesores y toma de decisiones*. (S. 164–184). Servicio de Publicaciones.
- Stender, A., & Brückmann, M. (2020). Processes of Knowledge Integration between Realms of Pedagogical Content Knowledge and How to Capture Them. In T. Lehmann (Hrsg.), *International Perspectives on Knowledge Integration* (S. 111–132). Brill | Sense. https://doi.org/10.1163/9789004429499_006
- Trendel, G., & Lübeck, M. (2018). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen: Konstruktion von Aufgaben zur systematischen Kompetenzentwicklung und Kompetenzüberprüfung. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten* (S. 117–149). Waxmann.

Teil II

Fokus: Planung und Reflexion von Unterricht

Zur softwaregestützten Förderung der unterrichtlichen Planungskompetenz in Schulpraktika

Das Onlinetool „DU – Digitales Unterrichtscoaching“

*Daniel Scholl, Simon Küth, Björn Schwarz, Hannah Lathan, Petra Wolters
& Christoph Schüle*

Mit Beginn ihres Studiums sollen angehende Lehrkräfte darauf vorbereitet werden, didaktisch begründete Unterrichtspläne als Grundlage für einen lernwirksamen Unterricht und dessen anschließende Analyse zu entwickeln. Dafür sollen sie lernen, den künftigen Unterricht zu antizipieren und das Lehr-Lernhandeln durch zahlreiche Planungsentscheidungen – im folgenden Beispiel für eine Geographiestunde zum Thema „Klimawandel“ angedeutet (Rinschede & Siegmund, 2018) – gedanklich vorwegzunehmen: Unter Berücksichtigung von curricularen Vorgaben, der zeitlich-inhaltlichen Anordnung von Themenkomplexen samt übergreifenden Richt- und Grobzielen sowie der lernbereichsspezifischen Voraussetzungen müssen Feinziele formuliert werden, z. B.: Die Lernenden erläutern die Auswirkungen des Klimawandels in der polaren und subpolaren Zone am Beispiel der Abnahme des arktischen Meereises. Diesen Zielen müssen passend strukturierte geographische Lerninhalte und exemplarische Beispiele zugeordnet werden. So könnten z. B. zunächst die Anzeichen des Klimawandels aus lokaler, regionaler oder nationaler Perspektive mit einem Schwerpunkt auf besonders vulnerablen Naturräumen und Ökosystemen samt Fachbegriffen wie Treibhauseffekt oder erneuerbare Energien betrachtet werden, bevor globale Auswirkungen analysiert werden. Außerdem sind darauf bezogene Medien auszuwählen, z. B. Karten zur regionalen Einordnung der Arktis und Computersimulationen der Eisschmelze, und Methoden festzulegen wie z. B. ein Gruppenpuzzle in der Erarbeitungsphase zu zentralen Aspekten wie dem zunehmenden Abschmelzen des Eises unter der Leitfrage nach Folgen der Eisschmelze in der Arktis auf das regionale und globale Klima.

1. Herausforderungen interdependenten Entscheidens

Herausfordernd an dieser Planungsaufgabe ist u. a. die didaktische Begründung der Planungsentscheidungen in Orientierung am Prinzip der Interdependenz. Dieses Prinzip bezieht sich auf die „Wechselwirkung der Planungsmomente“ (Schulz, 1972, S. 45) und fordert dazu auf, die einzelnen Entscheidungen widerspruchsfrei untereinander und mit den situativen und individuellen Lernvoraussetzungen zu verknüpfen.

Gerade Planungsanfängerinnen und -anfänger scheinen allerdings grundsätzlich Schwierigkeiten beim Erkennen der Wechselwirkungen ihrer Planungsentscheidungen zu haben, weshalb sie sich oft nur auf einzelne Bereiche (z. B. die Inhalte) konzentrieren (Koeppen, 1998). Neben der Komplexität der Planungsaufgabe selbst (Mutton et al., 2011), liegen zwei mögliche Ursachen für diese Schwierigkeiten in den a) kognitiven Anforderungen interdependenten Entscheidens und b) der Notwendigkeit der Verbindung der Vielzahl von allgemein- und fachdidaktischen Planungsmodellen:

- a) Im Sinne der Cognitive-Load-Theorie (Sweller et al., 2019) ist eine intrinsische kognitive Überlastung des kapazitätsbegrenzten Arbeitsgedächtnisses umso wahrscheinlicher, je mehr interagierende Elemente bei der Bearbeitung einer bestimmten Aufgabe – in diesem Fall dem interdependenten Planungsentscheiden – simultan im Gedächtnis gehalten und verarbeitet werden müssen und je geringer das Vorwissen ist.
- b) In ihrem Studium lernen Studierende in der Regel unterschiedliche allgemein- und fachdidaktische Planungsmodelle kennen (Scholl et al., 2020). Da diese Modelle meist unverbunden nebeneinanderstehen, müssen Studierende sie bei ihren ersten Planungsversuchen in ihren Schulpraktika eigenständig integrieren.

2. Das Onlinetool „DU – Digitales Unterrichtscoaching“

Um eine innovative Lösung für die Probleme der kognitiven Belastung beim interdependenten Planungsentscheiden und der Integration allgemein- und fachdidaktischer Planungsmodelle zu finden, wurde im Zuge des Projekts „Digitales Unterrichtscoaching im Bachelor Combined Studies mit Lehramtsoption“ (DU) (gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur) ein Plug-in für das Learning-Management-System Stud.IP (Studienbegleitender Internetsupport von Präsenzlehre) entwickelt. Dieses Plug-in, dessen Bereitstellung als Open Educational Ressource im OER-Portal Niedersachsen für Ende 2021 geplant ist, richtet sich an angehende Lehrkräfte und ist für den begleitenden Einsatz in Seminaren zur Förderung der Unterrichtsplanungskompetenz als Vorbereitung auf Schulpraktika gedacht.

Im Mittelpunkt der Anwendung steht die ausführliche Strukturplanung von Unterricht und das interdependente Treffen von Entscheidungen in verschiedenen Planungsbereichen. Die Auswahl und Erläuterung dieser Planungsbereiche stellt das Ergebnis der Entwicklung eines integrativen Modells der Unterrichtsplanung dar, das abstrakte Annahmen allgemeindidaktischer Planungsmodelle bündelt und außerdem – fachdidaktisch konkretisiert – differenzierte Planungsoptionen für die Fächer Geographie, Mathematik und Sport im Anschluss an den Forschungsstand der jeweiligen Fachdidaktiken bietet (Scholl et al., 2020).

Das Plug-in ermöglicht die individuelle Anlage von Unterrichtsplänen für Einzel- oder Doppelstunden. Auf der iconbasierten Übersichtsseite eines jeden Plans werden – in Anlehnung an die Berliner Didaktik (Schulz, 1972) – sechs Planungsbereiche abgebildet (situative Voraussetzungen, individuelle Voraussetzungen, Intentionalität,

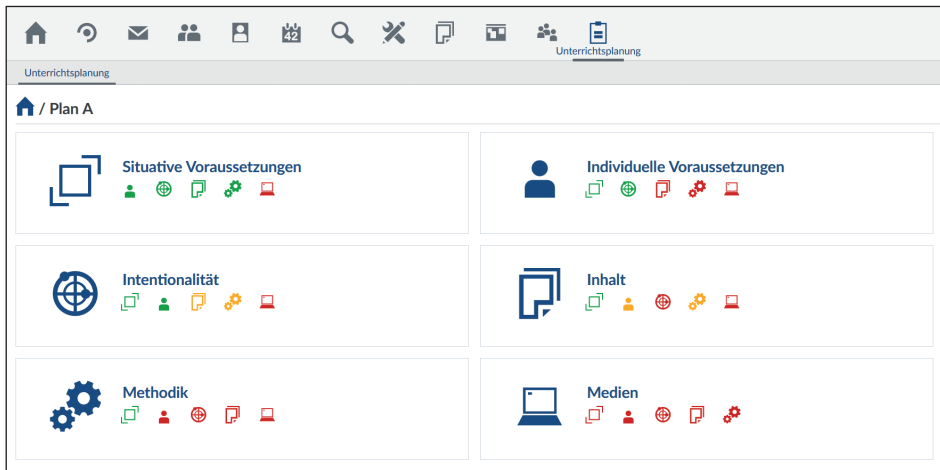


Abb. 1: Die sechs Planungsbereiche des Plug-ins Unterrichtsplanung in Stud.IP.



Abb. 2: Ausschnitt aus dem Planungsbereich „Individuelle Voraussetzungen“.

Inhalt, Methodik und Medien) (Abbildung 1), die in selbst gewählter Reihenfolge bearbeitet werden können.

In jedem Planungsbereich können Freifelder mit Texteditoren zu bestimmten Aspekten angelegt werden, z. B. im Bereich individuelle Voraussetzungen u. a. zum Vorwissen, zum Interesse oder dem Lern- und Arbeitsverhalten (Abbildung 2, Ziffer 1). Zu jedem der sechs Planungsbereiche und dessen einzelnen Aspekten gibt es fachdidaktisch spezifizierte Informationsbausteine mit kurzen Definitionen und Anmerkungen am rechten Seitenrand (Abbildung 2, Ziffer 2).

Mit dieser strukturierten Planungsumgebung erfüllt das Plug-in zunächst ähnliche Funktionen wie andere digitale Unterrichtsplanungstools, die sich als wirkungsvolle Hilfen bei der Bewältigung der alltäglichen Unterrichtsplanungsaufgabe erwiesen haben (Strickroth, 2019). Seine eigentliche Funktion besteht allerdings in der kognitiv entlastenden Förderung dynamischen Planungsdenkens durch die Flexibilisierung der Bearbeitung der Planungsaufgabe.

Diese Flexibilisierung wird durch ein graphisches Selbstkontrollsystem für interdependente Planungsentscheidungen zur Reduktion der kognitiven Belastung unterstützt. In jedem der sechs Planungsbereiche findet sich an gleicher Stelle eine Anzeige der jeweils anderen fünf Bereiche, dargestellt durch die entsprechenden Icons, die eingefärbt werden können (Abbildung 2, Ziffer 3): Innerhalb der Bereiche können die einzelnen Icons auf grün gesetzt werden, wenn die Entscheidungen im gerade bearbeiteten Bereich (z. B. Inhalt) begründet auf bereits getroffene oder potenzielle Entscheidungen in den anderen Bereichen (z. B. Intentionalität) abgestimmt wurden (eine automatisierte inhaltliche Kontrolle gibt es allerdings nicht). Auf der Übersichtsseite ändern sich die Farben der Icons automatisch: Rot bleiben sie, wenn Interdependenzen unbeachtet sind, also in den einzelnen Bereichen keine Icons auf grün gesetzt wurden, gelb, wenn Interdependenzen lediglich einseitig mitgedacht, also Icons nur in einem Bereich (z. B. Inhalt) grün eingefärbt wurden, und grün, wenn Interdependenzen vollständig berücksichtigt und damit in zwei Bereichen (z. B. sowohl Inhalt als auch Intentionalität) für den jeweils anderen Bereich grün markiert wurden.

Mithilfe dieses Ampelsystems wird versucht, die hohe intrinsische Belastung des Arbeitsgedächtnisses beim interdependenten Planungsentscheiden durch Verringerung jeweils aktuell zu berücksichtigender Planungsbereiche zu reduzieren: Im Plug-in wird die Unterrichtsplanungsaufgabe in viele Teilaufgaben aufgelöst. Dabei macht das Ampelsystem bilaterale Bezüge zwischen den Planungsbereichen bewusst, innerhalb derer zunächst zweiseitige interdependente Entscheidungen gefällt werden. Da diese Bilateralität schrittweise in Multilateralität überführt wird, kann das Prinzip der Interdependenz zwar kognitiv entlastend, aber dennoch verlustfrei umgesetzt werden. Denn die Teilaufgaben können flexibel sequenziell und dennoch vernetzt abgearbeitet werden, ohne die Dynamik des Planungsdenkens in einer Linearität eines Planungsalgorithmus aufzulösen. Die freigesetzten Arbeitsgedächtniskapazitäten können dann zur Übertragung des integrierten Planungswissens in das Langzeitgedächtnis und zur Ausbildung von Routinen im interdependenten Entscheiden bei zukünftigen Unterrichtsplanungen genutzt werden. Erste Evaluationsergebnisse der Benutzerinnen- und Benutzerfreundlichkeit des Plug-ins ($N = 82$ Studierende) fallen positiv aus. Die Teilnehmenden geben außerdem mehrheitlich (70,7%) an, durch die Icons teilweise bis sehr motiviert zu werden, über die Wechselwirkungen zwischen den Planungsentscheidungen nachzudenken.

Literatur

- Koeppen, K. E. (1998). The experience of a secondary social studies student teacher: seeking security by planning for self. *Teaching and Teacher Education*, 14(4), 401–411. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(97\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(97)00047-4)
- Mutton, T., Hagger, H. & Burn, K. (2011). Learning to plan, planning to learn: the developing expertise of beginning teachers. *Teachers and Teaching*, 17(4), 399–416. <https://doi.org/10.1080/13540602.2011.580516>
- Rinschede, G. & Siegmund, A. (2018). *Geographiedidaktik* (4. Aufl.). Schöningh.
- Scholl, D., Küth, S., Flath, M., Lathan, H., Schwarz, B., Wolters, P., Rheinländer, K. & Schüle, C. (2020). Zum Konstrukt der Planungskompetenz in allgemein- und fachdidaktischen Ansätzen. In K. Zierer (Hrsg.), *Jahrbuch für Allgemeine Didaktik 2019. Thementeil: Allgemeine Didaktik und Fachdidaktik* (S. 75–91). Schneider Verlag Hohengehren.
- Schulz, W. (1972). Unterricht – Analyse und Planung. In P. Heimann, G. Otto & W. Schulz (Hrsg.), *Unterricht. Analyse und Planung* (6. Aufl., S. 13–47). Hermann Schroedel.
- Strickroth, S. (2019). PLATON: Developing a Graphical Lesson Planning System for Prospective Teachers. *Education Sciences*, 9(4), 254. <https://doi.org/10.3390/educsci9040254>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>

Kontrastieren und Vergleichen mit Videovignetten

Konzeption einer Diagnose-Übungseinheit für Biologielehramtsstudierende

Daniel Horn & Monique Meier

Beim Überwinden methodischer Hürden in forschend angelegten Experimentiereinheiten mit viel Entscheidungsspielraum kann der Betreuung der Lernenden eine Schlüsselfunktion zukommen. Angemessen im Experimentierprozess auf die Handlungen und Aussagen der Lernenden zu reagieren, setzt fachmethodisches Wissen zum Experimentieren und diagnostische Fähigkeiten bei den Lehrpersonen voraus. Zum Aufbau und zur Förderung dieser Wissensfacetten werden in der vorzustellenden Diagnose-Übungseinheit *Videovignetten* als mediales Lehr-Lernelement eingesetzt. Videovignetten zeichnen sich durch ihre vielseitigen Eigenschaften aus (u. a. Blomberg et al., 2013) und ihre Wirksamkeit als Lehr-Lernwerkzeug in der Lehrkräfteausbildung ist empirisch belegt (z. B. Förderung der Diagnosekompetenz: u. a. Dannemann et al., 2018). Die Videoszenen der vorgestellten Übungseinheit stammen aus dem Lehr-Lern-Labor *Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX* der Universität Kassel. Sie zeigen Kleingruppen von Lernenden, die unter tutorieller Betreuung ein Experiment planen, durchführen und auswerten. In der inhaltlichen Gestaltung und methodischen Einbettung der Videovignetten in einen hochschuldidaktischen Lehrkontext findet die Lehr-Lernmethode des *Kontrastierens und Vergleichens* (Lipowsky et al., 2019) ihren Einsatz.

1. Merkmale der Lehr-Lernmethode *Kontrastieren und Vergleichen*

Im Zentrum der Lehr-Lernmethode des *Kontrastierens und Vergleichens* steht die Suche nach Gemeinsamkeiten (*Vergleichen*) und Unterschieden (*Kontrastieren*) bei mindestens zwei Objekten (z. B. Videos, Protokolle der Lernenden) oder Inhalten (z. B. Konzepten, Prozessen) (Marzano et al., 2001). Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Suche ist, dass ausreichend Übereinstimmungen bei den Objekten und Inhalten vorhanden sind (Gentner, 1983). Für die Identifikation von Unterschieden müssen die Merkmale, die identifiziert werden sollen, zwischen den Objekten oder Inhalten variiert werden und die weiteren Merkmale bleiben unverändert. Liegt der Fokus auf den Gemeinsamkeiten, müssen die zu entdeckenden Merkmale bei den Objekten und Inhalten gleich bleiben und die übrigen Merkmale variiert werden (Guo et al., 2012). Zudem sollten die Objekte oder Inhalte direkt nebeneinander präsentiert werden (Jee et al., 2013) und die Ausprägung des Kontrasts stark sein, um die Gemeinsamkeiten oder Unterschiede wahrnehmen zu können (Hirstein et al., 2017).

2. Beschreibung der Diagnose-Übungseinheit

Das Ziel der in diesem Beitrag beschriebenen Diagnose-Übungseinheit ist es, Biologielehramtsstudierende in ihren diagnostischen Fähigkeiten zu Schwierigkeiten von Lernenden in der Planungsphase beim ergebnisoffenen Experimentieren unter Einbezug der Lehr-Lernmethode des *Kontrastierens und Vergleichens* zu fördern. Exemplarisch wird dies am Veranstaltungskonzept des Seminars *Erkenntnismethoden und Arbeitstechniken im Biologieunterricht* (durchgeführt an der Universität Kassel) erläutert.

2.1 Einbettung der Diagnose-Übungseinheit in das Veranstaltungskonzept

In den ersten drei Seminarsitzungen wird das fachliche und fachmethodische Wissen zu den Themen *Erkenntnisgewinnung*, *naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess* und *Experiment* als Erkenntnismethode, inklusive der typischen *Hürden von Lernenden* (u. a. Meier, 2016), angelegt. Erst mit dieser wissensbasierten Grundlage ist es den Studierenden möglich, fachmethodische Fehler bei Lernenden zu diagnostizieren. Ebenfalls Teil der ersten Sitzungen ist die Durchführung eines FLOX-Experimentiermoduls („Nahrungssuche der Ostafrikanischen Riesenschnecke“) durch die Studierenden, um fachmethodisches Wissen aufzubauen sowie eine gewisse fachbezogene Vertrautheit mit dem Experimentiermodul zu schaffen, da dieses Gegenstand in der Diagnoseübung ist.

2.2 Inhaltliche Gestaltung der Videovignetten nach dem Kontrastieren und Vergleichen

Die Umsetzung des *Kontrastierens und Vergleichens* mit Studierenden im Zuge des Einsatzes von Videos oder anderen Materialien (z. B. Textvignetten: Meyer-Odewald et al., 2021) ist an eine Auswahl oder Konstruktion, entsprechend der beschriebenen Gestaltungsmerkmale, von passenden Materialien (zumeist durch die Dozierenden) gebunden. Im Folgenden wird beispielhaft die Anwendung der Gestaltungsmerkmale in Videovignetten zur Diagnose von Experimentierfähigkeiten beschrieben.

In den etwa sechsminütigen Videovignetten werden Originalszenen der Planungsphase des Experimentiermoduls „Nahrungssuche der Ostafrikanischen Riesenschnecke“ gezeigt, in denen FLOX-Betreuende eine Kleingruppe von Lernenden anleiten. Neben dem fachlichen Kontext zum Experimentiermodul und der Fokussierung auf die Planungsphase in den Videos werden die Anzahl und das Leistungsniveau der Lernenden pro Kleingruppe in den Videos konstant gehalten. Der Kontrast zwischen den Videos wird durch die Variation in der beobachtbaren Betreuungsart und -qualität der betreuenden Person geschaffen. Zum einen wird das Augenmerk auf die Verwendung unterschiedlicher Gesprächstechniken (offene vs. geschlossene Gesprächsführung) gelegt. Zum anderen wird das fachmethodische Wissen der Betreuenden über die Einhaltung der Qualitätskriterien der Versuchsplanung (vollständige

Berücksichtigung der Kriterien vs. unvollständige Berücksichtigung der Kriterien) und dem damit verbundenen Umgang mit fachmethodischen Hürden der Lernenden variiert.

2.3 Methodische Einbettung der Videovignetten in die Diagnose-Übungseinheit

Im ersten Teil der 4. Seminarsitzung wird auf die Bedeutung der diagnostischen Fähigkeiten einer Lehrkraft sowie Urteilstendenzen und Beurteilungsfehler eingegangen. Daran anschließend folgt die Diagnose-Übungseinheit. Gemäß der Lehr-Lernmethode werden zwei Videovignetten nebeneinander präsentiert. Dazu wurde hier die Onlineplattform *Moodle* genutzt. Die Studierenden erhalten die Anweisung, sich vor der Aufgabenbearbeitung beide Videos direkt nacheinander anzuschauen, sodass die Voraussetzungen für die Vergleichsprozesse erfüllt sind und die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erfolgen kann. Danach steht es den Studierenden frei, die Videovignetten zur Aufgabenbearbeitung nochmals in voller Länge oder teilweise anzusehen.

Angeleitet wird die Analyse der Videovignetten über drei Aufgabenstellungen: (1) Die Studierenden werden explizit dazu aufgefordert, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Videos herauszuarbeiten. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf die Interaktion zwischen Betreuenden und Lernenden im fachmethodischen Umgang mit den Hürden der Lernenden gelegt werden. (2) Daran anschließend beurteilen die Studierenden, ob die entwickelten Versuchsplanungen der Lernenden-Kleingruppen mithilfe ihrer Betreuungspersonen den fachmethodischen Qualitätskriterien eines Experiments entsprechen. Die Studierenden können an dieser Stelle ihr zuvor erworbenes Wissen rekapitulieren und in einer konkreten Praxissituation anwenden. (3) Basierend auf den Ergebnissen aus (1) und (2) formulieren die Studierenden ein Feedback an die betreuenden Personen. In diesem sollen Handlungsalternativen aufgezeigt und dabei sowohl auf die Experimentierfähigkeiten der Lernenden als auch auf die fachmethodischen Kompetenzen der Betreuenden eingegangen werden. Die Studierenden werden hierbei angeregt, ihre eigenen Vorgehensweisen im Umgang mit Lernenden in der Betreuung beim Experimentieren zu reflektieren. Die Seminarsitzung schließt mit einer Reflexion über die Inhalte der Videos und den eigenen Erkenntnissen daraus.

3. Fazit und Ausblick

Die hier in Kürze beispielhafte Darstellung einer Diagnose-Übungseinheit mittels Videovignetten ist mit dem Anliegen verbunden, eine Anregung zur Einkehr und Übertragung der Lehr-Lernmethode des *Kontrastierens und Vergleichens* sowie des zu fördernden Schwerpunktes auf andere Fachdisziplinen und/oder weitere fachdidaktische Themen, z.B. Schülervorstellungen, zu ermöglichen. Limitierend in der materialbezogenen Aufarbeitung dieser Lehr-Lernmethode mittels Videovignetten

ist die zum Teil zeitintensive Materialerstellung. Bei Verwendung von Videoszenen aus bereits vorhandenem Material müssen diese den zuvor festgelegten inhaltlichen Schwerpunkt enthalten und einen Kontrast erzeugen. Ist dies nicht der Fall, muss entsprechendes Videomaterial aufgenommen werden. In der Erstellung praxisnaher Videovignetten bergen die einzuhaltenden Datenschutzbestimmungen eine weitere Herausforderung.

In einer ersten seminareingebundenen Durchführung der beschriebenen Diagnose-Übungseinheit zeigte sich eine positive Wahrnehmung der Lernumgebung auf die eigene Kompetenzentwicklung seitens der Studierenden ($N = 20$; offene Items zum Umgang mit der Lehr-Lernmethode, mit den Videovignetten und Aufgabenstellungen).

„Es hat mir geholfen, 2 verschiedene Videos zu vergleichen und deren jeweilige Vorzüge und Dinge, die nicht so gut gelaufen sind, hervorzuheben und zu vergleichen.“ (Studentin, 7. Fachsemester)

„Es hat insofern geholfen, als dass ich Schwierigkeiten und Herausforderungen in der Diagnose von Schülerhürden erkannt habe. Ich konnte meine diagnostischen Fähigkeiten auch ausbauen, da man im Rahmen der Bearbeitung aufgefordert wurde, kriteriengeleitet bestimmte Verhaltensweisen möglichst objektiv zu beurteilen.“ (Student, 8. Fachsemester)

Die Verwendung dieser Lehr-Lernmethode in der Lehrkräftebildung generell sowie im Zusammenhang mit Videovignetten ist zum aktuellen Stand wenig untersucht (u. a. Sachunterricht und Biologiedidaktik: Meyer-Odewald et al., 2021; Erziehungswissenschaften: Hirstein et al., 2017). Folglich sollte zukünftig, mittels Interventionsstudien geklärt werden, ob sich der positiv wahrgenommene Effekt zur Lehr-Lernmethode empirisch nachweisen lässt.

Förderhinweis

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 gefördert. Das Vorhaben wird ebenfalls vom Projekt ‚KoVeLa: Kontrastieren und Vergleichen im Lehramtsstudium‘ (Zukunftslinie der Universität Kassel) unterstützt, in dem die Autoren kooptiert sind. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

Beretz, A.-K., Lengnink, K., & Aufschnaiter, C. (2017). Diagnostische Kompetenz gezielt fördern – Videoeinsatz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik. In C. Selzer, J. Michaelis, K. Lengnink, C. Knipping, C. Hößle, & S. Hußmann (Hrsg.), *Diagnose und*

- Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (1. Aufl., S. 149–168). Waxmann.
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Broko, H., & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research*, 5(1), 90–114.
- Dannemann, S., Meier, M., Hilfert-Rüppell, D., Kuhlemann, B., Eghtessad, A., Höner, K., Hößle, C., & Looß, M. (2018). Erheben und Fördern der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von Vignetten. In M. Lindner & M. Hammann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. (Bd. 8, S. 245–263). Studien Verlag.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155–170. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0702_3
- Guo, J.-P., Pang, M. F., Yang, L.-Y., & Ding, Y. (2012). Learning from Comparing Multiple Examples: On the Dilemma of “Similar” or “Different”. *Educational Psychology Review*, 24(2), 251–269. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9192-0>
- Hirstein, A., Denn, A.-K., Jurkowski, S., & Lipowsky, F. (2017). Entwicklung der professionellen Wahrnehmungs- und Beurteilungsfähigkeit von Lehramtsstudierenden durch das Lernen mit kontrastierenden Videofällen – Anlage und erste Ergebnisse des Projekts KONTRAST. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 472–486.
- Jee, B. D., Uttal, D. H., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T. F., & Sageman, B. (2013). Finding faults: Analogical comparison supports spatial concept learning in geoscience. *Cognitive Processing*, 14(2), 175–187. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0551-7>
- Lipowsky, F., Hess, M., Arend, J., Denn, A.-K., Hirstein, A., & Rzejak, D. (2019). Lernen durch Kontrastieren und Vergleichen – Ein Forschungsüberblick zu wirkmächtigen Prinzipien eines verständnisorientierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), *Unterrichtsqualität: Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens*. (S. 373–402). Waxmann.
- Marzano, R. J., Pickering, D., & Pollock, J. E. (2001). *Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. ASCD.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Logos.
- Meyer-Odedwald, L., Horn, D., Meier, M., Wodzinski, R., & Ziepprecht, K. (2021). Kontrastieren und Vergleichen als Lehr-Lernmethode zur Förderung der Diagnosekompetenz in der Lehramtsausbildung. In M. Meier, C. Wulff, & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung* (S. 155–175). Waxmann.

Fachspezifisches Classroom Management beobachten

Videovignetten als digitale Lehr-Lern-Tools

Tobias Denecke, Dagmar Hilfert-Rüppell & Kerstin Höner

Classroom Management (CM) gilt als ein bedeutendes Element der Professionalisierung von Lehrkräften (KMK, 2019). Es hat Auswirkungen auf die Unterrichtsqualität, stellt aber gleichzeitig hohe Anforderungen an Lehrkräfte (König & Lebens, 2012). Multiple, spontan und simultan ablaufende Prozesse sorgen für ein komplexes Unterrichtsgeschehen, bei dem der Einsatz eines entsprechenden CMs zur Herstellung und Aufrechterhaltung von Ordnung beitragen kann (Doyle, 2006). Insbesondere im experimentell-naturwissenschaftlichen Unterricht scheint das CM eine ebenso große Herausforderung wie auch Chance zu sein (Pawlak & Groß, 2020a). Videovignetten aus authentischem, naturwissenschaftlichem Unterricht können hier einen Beitrag leisten, indem sie beobachtenden Personen ermöglichen, lernrelevante Aspekte innerhalb komplexer Unterrichtssituationen zu identifizieren und professionell wahrzunehmen (z. B. Hilfert-Rüppell et al., 2018). Vor allem in fachdidaktischen Ausbildungskontexten scheint die Analyse videografierte Unterrichtssituationen eine vielversprechende Methode zu sein (z. B. Hörter et al., 2020). Dabei ist der Einfluss verschiedener instruktorischer Strategien sowie der Einbettung von Unterrichtsvideos in ein spezifisches Lernarrangement auf die professionelle Unterrichtswahrnehmung und den Lernerfolg empirisch belegt (Blomberg et al., 2013; Gaudin & Chaliès, 2015).

Der vorliegende Beitrag stellt den Einsatz authentischer Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht als digitale Lehr-Lern-Tools zur Theorie-Praxis-Integration innerhalb der Lehrkräftebildung mit besonderer Berücksichtigung der Rolle spezifischer instruktorischer Strategien und die sich daraus ergebende Perspektive vor, die Analysefähigkeiten und damit die professionelle Wahrnehmung von (angehenden) Lehrkräften hinsichtlich des naturwissenschaftsspezifischen CMs zu fördern.

1. Lehr-Lern-Konzept und Lernbegleitung der Studierenden

Im Lehramtsstudium der TU Braunschweig wurde am Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften ein Lehr-Lern-Konzept für Masterstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik entwickelt, welches die praxisorientierte Förderung eines CM-bezogenen Analyseprozesses semesterübergreifend verfolgt und damit dem Anspruch nach passgenauen Lehr-Lern-Formaten zur Genese von Core-Practices, hier fokussiert auf Aspekte der (fachspezifischen) Anforderungen an Klassenführung, nachkommt. Anknüpfend an das Vorwissen der Studierenden werden im Wechsel-

spiel zwischen Videoanalyse unterrichtlicher Situationen fremder Lehrpersonen und eigener Unterrichtspraxis Akkomodations- und Assimilationprozesse angestoßen, die zu einem Theorie-Praxis-Transfer neu gewonnener Erkenntnisse und einem kumulativ vernetzten Lern- und Entwicklungsprozess beitragen können.

Konkret bedeutet dies, dass die Studierenden im ersten Semester des Masters für das Haupt- und Realschullehramt an einer Lehrveranstaltung teilnehmen, in dessen Rahmen eine theoretische Vermittlung von Wissensinhalten zum naturwissenschaftsspezifischen CM sowie die Analyse von zwei authentischen Videovignetten aus dem experimentell-naturwissenschaftlichen Unterricht über eine Online-Videoplattform erfolgt. Die durch die individuelle Videoanalyse und im Austausch mit den Peers gewonnenen Erkenntnisse finden in dem sich anschließenden sechsmonatigen Praxisblock des zweiten Semesters Anwendung, indem die Studierenden ihren eigenen Unterricht hinsichtlich fachspezifischer CM-Facetten professionell wahrnehmen, kritisch reflektieren und ggf. bereits adaptiv handeln. Diese unterrichtspraktischen Erfahrungen aus dem zweiten Semester fließen wiederum in eine Analyse von zwei weiteren Videovignetten im dritten Semester ein und tragen somit zu einer erfolgreichen Verzahnung von Theorie und Praxis bei.

Das situierte und fallbasierte Lernen findet so seine Verankerung sowohl in theoriebasierten Konzepten als auch in der praxisorientierten Analyse in aufeinander aufbauenden Lehrveranstaltungen. Bei der Umsetzung des Lernarrangements berücksichtigt sind die durch Blomberg et al. (2013) extrahierten Planungsheuristiken, die die Effektivität des Videoeinsatzes maßgeblich beeinflussen und im Folgenden näher beleuchtet werden.

2. Videovignetten als digitales Lehr-Lern-Tool

Im Zentrum des Lehr-Lern-Konzepts stehen kurze Unterrichtsvideovignetten von zwei- bis fünfminütiger Länge aus experimentell-naturwissenschaftlichem Unterricht erfahrener Lehrkräfte, die mit Kontextmaterialien (z. B. den zur Verfügung gestellten Experimentiermaterialien) angereichert sind (vgl. Hilfert-Rüppell et al., 2018), und die die Schülerinnen und Schüler während des gemeinsamen experimentellen Problemlösens zeigen. Bei der Auswahl geeigneter Videoszenen wird auf die drei Hauptdimensionen Beziehungsförderung, Verhaltenskontrolle und Unterrichtsgestaltung des Linzer Konzepts zur Klassenführung (vgl. Lenske & Mayr, 2015) zurückgegriffen, wobei der Fokus auf der Frage nach der Sicherstellung eines störungsarmen, sicheren und lernförderlichen experimentellen Umfelds liegt (vgl. Pawlak & Groß, 2020a). Die ausgewählten Experimentiersituationen machen daher fachspezifische CM-Facetten zum Gegenstand, wie z. B. die Einhaltung von Experimentierregeln, die Verteilung von Experimentierrollen oder Scaffolding-Maßnahmen im experimentellen Problemlöseprozess, und ermöglichen eine mehrfache, multiperspektivische Betrachtung (Pawlak & Groß, 2020b).

Eine systematische und fokussierte Analyse derartiger Unterrichtsvideovignetten kann über die situationsbezogenen Fähigkeiten erfolgen (Blömeke et al., 2015), wobei

Dimensionen kognitiver Anforderungen (König & Lebens, 2012) durch das Videotool ermöglicht werden müssen. In geschlossenen Aufgabenformaten systematisieren die Studierenden – in einem aus der Synthese aus Theorie und eigenen Fundstellen im Videomaterial entwickelten Kategoriensystem – lernrelevante Szenen in der Videovignette, beschreiben und bewerten diese. Abschließend formulieren die Studierenden in einem offenen Antwortformat zu ihrer Beurteilung passende Maßnahmen zur Förderung der unterrichtspraktischen Fähigkeiten für die Lehrkraft mit Rückgriff auf das Kategoriensystem und auf ihre Kenntnisse zu fachdidaktischen Theorien und Modellen zum CM. Diese Kombination von offener und geschlossener Aufgabenstellung, bei der die Studierenden mehrere Repräsentationsformen verknüpfen und ihre Lösungen zusätzlich begründen müssen, ermöglicht ein hohes kognitives Aktivierungspotenzial.

3. Ausgewählte Ergebnisse

Die bisher gewonnenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Videovignetten gut eignen, um fachspezifisches CM beobachtbar und analysierbar zu machen. Den Studierenden gelang es, die Unterrichtssituationen aus fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Perspektive mit Bezug zu dem abgebildeten CM zu beschreiben. Exemplarisch stellt Tabelle 1 den Ausschnitt einer eingesetzten Unterrichtsvideovignette einschließlich wortwörtlich transkribierter Sprachinhalte und begleitet durch die Beschreibung des fachspezifischen CMs einer studentischen Analyse dar.

Tab. 1: Einblick in die studentische Videoanalyse einer Unterrichtsvideovignette zur „Trennung von Stoffen“ aus dem Chemieunterricht einer sechsten Klasse eines niedersächsischen Gymnasiums.

Videoausschnitt	Transkript	Analyse	Explanation
[00:52 bis 01:15] 	S4: „Den Gasbrenner stelle ich ...“	Kategorienzuordnung	Die korrekt wahrgenommene Situation
	S1: „Zuerst gucken wir uns die Gaszufuhr ...“	Verhaltenskontrolle	wurde in der Analyse in den Zusammenhang
	S3: „Stell den mal hier drunter.“	Inhaltsbegründung	der Sicherheitsaspekte im Chemieunterricht eingeordnet. Die
	S1: „Stopp mal, zuerst gucken, ob die Gaszufuhr und die Luftzufuhr zuerst mal aus sind.“	„SuS kennen die Regeln zum Umgang mit dem Brenner, hier insbesondere der Umgang mit der Gaszufuhr[r]“ [B.707]	Inbetriebnahme eines Bunsenbrenners muss routiniert und unter Einhaltung von Regeln geschehen, sodass die notwendige Sicherheit gewährleistet ist (vgl. Pawlak & Groß, 2020b).
	S3: „Ausgeschaltet.“		
	S1: „Ja, ich weiß, aber zuerst mal gucken!“		
	S3: „Es ist alles ausgeschaltet.“		

Bezugnehmend auf die Beschreibungen in Form einer Kategorienzuordnung und Inhaltsbegründung wurden nach einer entsprechenden Interpretation und Bewertung zudem förderliche Maßnahmen formuliert, die darauf abzielten, das wahrgenommene CM zu optimieren. Hierbei zeigte sich, dass die von den Studierenden genannten Maßnahmen (z. B. Vermittlung von Sicherheitsaspekten, Verteilung von Experimentierrollen oder Phasierung von Experimentierschritten) die Herstellung und Aufrechterhaltung der Ordnung anvisierten und damit der Reduktion von Komplexität nachkamen (vgl. Doyle, 2006).

Die Videoanalyse wurde von gut drei Viertel der Studierenden als interessant und nützlich für die eigene Professionalisierung evaluiert. Sie ermögliche eine Anwendung des aktuellen Wissens vor dem Hintergrund einer realen, authentischen Unterrichtssituation und sei gleichzeitig bedeutsam für die zukünftige Tätigkeit als eigenständige Lehrkraft.

4. Diskussion und Fazit

Der Einsatz von naturwissenschaftsspezifischen CM-Videovignetten kann bereits in der Ausbildung an der Hochschule einen Beitrag dazu leisten, die für die Ausführung der beruflichen Tätigkeiten zu erlangende professionelle Wahrnehmung im Zusammenspiel zwischen Fachdidaktik und Bildungswissenschaft zu trainieren. Die Erfassung von Wissen zum CM kann dabei mit Hilfe des vorgestellten Lehr-Lern-Tools messmethodisch so erweitert werden, dass diese nicht nur auf deklarativer Ebene, sondern verstärkt kontext- und situationsbezogen erfolgen kann. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Analyse in dem dreischrittigen Verfahren gelingt, wobei die mögliche Kompetenzentwicklung der Studierenden zukünftig noch weiterverfolgt wird. Die Wirksamkeit der Begleitmaterialien sowie der Einfluss des Curriculums und der Lehrenden auf die Analysefähigkeiten wurden nicht berücksichtigt und könnten ebenfalls in nachfolgenden Studien in den Blick genommen werden.

Ein Transfer des Einsatzes der Videovignetten auf weitere fachinhaltliche Bereiche (z. B. Sprache im Fach) oder die zweite und dritte Phase der Lehrkräftebildung scheint vielversprechend zu sein. Gleichwohl gilt es hierbei, die mit einem derartigen Einsatz verbundenen Herausforderungen zu berücksichtigen, wie z. B. das Einholen von Genehmigungen, die Aufnahme und den Zusammenschnitt lernrelevanter Videosequenzen und nicht zuletzt deren Einbettung in entsprechende Lernarrangements.

Förderhinweis

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen bzw. dem Autor.

Literatur

- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research Online*, 5(1), 90–114.
- Blömeke, D., König, J., Suhl, U., Hoth, J. & Döhrmann, M. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(3), 310–327.
- Doyle, W. (2006). Ecological management and classroom management. In C.M. Evertson & C.S. Weinstein (Hrsg.), *Handbook of classroom management. Research, practice, and contemporary issues* (S. 97–126). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Gaudin, C. & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, 16, 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.06.001>
- Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A. & Höner, K., (2018). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht. Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Medienpädagogik*, 31, 124–141. <https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.03.31.X>
- Hörter, P., Gippert, C., Holodyski, M., & Stein, M. (2020). Klassenführung und Fachdidaktik im (Anfangs-)Unterricht Mathematik erfolgreich integrieren – Konzeption einer videobasierten Lehrveranstaltung zur Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung. *HLZ – Herausforderung Lehrer*innenbildung*, 3(1), 256–282.
- KMK. (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019.
- König, J. & Lebens, M. (2012). Classroom Management Expertise (CME) von Lehrkräften messen: Überlegungen zur Testung mithilfe von Videovignetten und erste empirische Befunde. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 5(1), 3–28.
- Lenske, G. & Mayr, J. (2015). Das Linzer Konzept der Klassenführung (LKK). In K. Zierer (Hrsg.), *Jahrbuch für allgemeine Didaktik*. (S. 71–84). Schneider Verlag Hohengehren.
- Pawlak, F. & Groß, K. (2020a). Einsatz von Schülerexperimenten im inklusiven Chemieunterricht – Chancen und Herausforderungen aus Sicht der Chemielehrenden. *Chemkon*, 27(1), 1–7.
- Pawlak, F. & Groß, K. (2020b). Classroom-Management für das sichere und Gemeinsame Experimentieren. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. 46. Jahrestagung der GDGP in Wien, 2019. (S. 94–97). Universität Duisburg-Essen.

Videobasierte Kompetenzentwicklungskette in fachdidaktischen Praktika und Seminaren

Von der Videographie mit Live-Feedback zur kollaborativen Videoanalyse

Christoph Thyssen & Arash Tolou

Die Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf die zweite schulpraktische Phase der Lehrkräftebildung ist per Definition das Ziel der Lehrkräftebildung an Hochschulen. Den Bildungswissenschaften und insbesondere den Fachdidaktiken kommt hierbei stärker als den Fachwissenschaften die Aufgabe zu, die Kompetenzentwicklung im Bereich der Planung und Umsetzung von Lehr-Lern-Einheiten zu unterstützen. Schulpraktika oder Praxissemester sind neben Lehrveranstaltungen wie fachdidaktischen Praktika und Seminaren zentrale Gelegenheiten für eine Reflexion und Weiterentwicklung unterrichtspraktischer Kompetenzen Studierender, d. h. ihrer Fähigkeiten zum Lehren, Leiten und Kommunizieren von/mit Schülerinnen und Schülern. Abhängig von der strukturellen Organisation und den Verantwortlichkeiten der Beteiligten sollen im Idealfall Betreuungskräfte, Dozierende und Mit-Studierende gemeinsam dabei helfen, mit ihrem Feedback diesen Prozess des Reflektierens zur individuellen Weiterentwicklung und Professionalisierung multiperspektivischer und effektiver zu gestalten (Thyssen et al., 2019). Bestenfalls ergibt sich hierbei über einzelne Kontaktveranstaltungen und Sitzungen hinweg eine Kompetenzentwicklungskette unter Einbindung mehrerer Akteure (ebd.). Eine zielführende Realisierung dieses Prozesses stellt alle Beteiligten vor die Aufgabe, damit verbundene Herausforderungen und Probleme zu meistern, welche dessen Effektivität reduzieren können. Diese Herausforderungen sind neben der organisatorischen Schwierigkeit, möglichst viele Akteure zeitgleich einzubinden, insbesondere die subjektive, retroperspektivische Erinnerung und Einordnung von zu analysierenden Situationen sowie die situationsabhängige Determination. Die Tatsache, dass keine Situation ungefärbt und frei von subjektiven Determinanten zum Zwecke des Analysierens rekonstruiert werden kann (Gander & Breyer, 2010; Husserl, 1966), impliziert auch methodische Konsequenzen zur Schaffung geeigneter Grundlagen für erfolgreiche Reflexionsprozesse. Lehrkonzepte sollten demnach für beide Problemfelder – die Organisation und kohärente Integration vieler Beteiligter sowie die Dokumentation und transparente Einbindung der zu reflektierenden Situationen für multiperspektivisches Feedback – Lösungsansätze bieten. Um zu verstehen, wie der Einsatz videobasierter Tools hierbei helfen kann, muss zuerst beleuchtet werden, wie die Wahrnehmung einer Situation durch einzelne Individuen und die anschließende Interaktion den Prozess des Lernens anhand praktischer Unterrichtsübungen beeinflusst und welche Lösungsansätze verfolgt

werden können (1.1 bis 1.3). Im Anschluss daran kann gezeigt werden, wie funktionale Möglichkeiten solcher Tools Beiträge zur Reduktion der oben genannten Problemfelder leisten können (2.).

1. Theoretischer Hintergrund

1.1 Wahrnehmung und Probleme multiperspektivischen Austauschs

Grundvoraussetzung für einen Lernfortschritt oder eine Kompetenzentwicklung durch Reflexion von studentischen Lehrversuchen ist die Kenntnis und Wahrnehmung relevanter Situationen. Aus deren Analyse (d.h. der Interpretation möglichst vieler zur Situation vorliegenden Informationen), Verständnis und Bewertung sowie der Ableitung von Schlussfolgerungen im Sinne aktueller eigener Fähigkeiten können sinnvolle, individuelle Zielsetzungen abgeleitet werden (Abendroth-Timmer, 2011). Diese Prozesse können als Bewusstseinsakt verstanden werden, „in welchem uns etwas in einem gewissen engeren Sinne gegenständlich wird“ (Husserl, 1922, S. 459). Das Wahrgenommene ist jedoch bedingt durch die Subjektivität und Intentionalität unter mehreren Individuen nicht deckungsgleich (Gander & Breyer, 2010).

So können Situationen, die von Relevanz sind, schlicht und einfach von Einzelnen übersehen werden oder anders, als im Sinne von ‚fehlerbehaftet‘ oder ‚ausbaufähig‘, interpretiert werden. Zudem kann man die reale, relevante Situation im Nachhinein nicht frei von Beeinflussung durch individuelle Subjektivität wiederholen und zugänglich machen. Zugespitzt formuliert, kann kein einheitliches Bewusstsein für ein Problem in einem Lehrversuch entwickelt werden, wodurch auch situationsbezogen kein kollaboratives Lernen für alle auf einer gemeinsamen, gleichen Basis möglich wird. Da jedoch alle Individuen interagieren können, können sie ihre jeweilige Vorstellung und Wahrnehmung in geeigneten Konzepten den Anderen übermitteln, wodurch auch eine von Teilen der Gruppe nicht bewusst erlebte und ‚gespeicherte‘ Situation allen bewusst werden kann. Diese Übermittlung und der Austausch sind erstens jedoch sehr subjektiv und zweitens ist die Entwicklung eines Bewusstseins für die Situation bzw. Problematik und das Lernen daraus sehr zeit- und ressourcenintensiv. Konzepte, die einen möglichst objektiven, (zeit-)effektiven und organisatorisch gut realisierbaren Austausch ermöglichen, wären hier deshalb hilfreich.

1.2 Feedback in der Praxis und resultierende Probleme

Die Übermittlung von Vorstellung und Wahrnehmung der einzelnen Individuen untereinander, also das Geben von Rückmeldungen, wird als Feedback bezeichnet und ist Grundlage für weiteren Austausch. Feedback kann in zeitlicher Hinsicht variabel erteilt werden, wobei zwischen unmittelbarem und verzögertem Feedback unterschieden wird (Kulhavy, 1977; Kulik & Kulik, 1988). Zudem kann darüber hinaus ergänzend auch eine Kategorisierung in direktes situationales, also zeitaufgelöstes Feedback und abschließendes, summatives Feedback abgeleitet werden.

Laut Schüpbach (2007) erfolgen konkrete Rückmeldungen zu Praxisphasen und die damit einhergehende Reflexion am häufigsten in Form von (Unterrichts-)Nachbesprechungen, also in Form von verzögertem Feedback. Daraus kann gefolgert werden, dass der Lernerfolg aus den Rückmeldungen unmittelbar davon abhängig ist, ob sich die Individuen an eine Situation erinnern, ob sie bei deren Auftreten ein Bewusstsein dafür hatten und falls ja, in welchem Grad eine unverfälschte Erinnerung dieser Situation vorliegt.

In der Praxis ist die eigentlich anzustrebende direkte Einbindung von Betreuenden aller beteiligten Gruppen und Institutionen (Betreuungslehrkräfte, Studienseminare, Dozierende der Universitäten, Mit-Studierende) in der Regel unmöglich. Dadurch sind prinzipiell vorhandene Quellen multiperspektivischen und dadurch objektivierten Feedbacks für eine selbständige oder betreute Weiterentwicklung personaler Kompetenzen im Bereich der Unterrichtsreflexion und -evaluation äußerst schwierig zu erschließen. Somit kann das Potenzial des Feedbacks als wichtiger Bestandteil eines Coachings in der Lehrerbildung (Looss & Rauen, 2005) nicht ausgeschöpft werden.

1.3 Konsequenzen und Ansätze für ein Lehrkonzept zur Reduktion der Probleme

Um die beschriebenen, in der Praxis häufig auftretenden, problematischen Faktoren weitgehend zu eliminieren oder zu reduzieren, wurden als grundlegende Prinzipien bei der Entwicklung und Realisierung des Konzeptes für ein fachdidaktisches Seminar mit Lehrübungen von Beginn an mehrere Prinzipien verfolgt, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- a) Kombination von direktem – und damit zeitaufgelöstem – Feedback mit ausführlicherem, verzögertem Feedback
- b) Dokumentation und Bereitstellung aller für eine multiperspektivische Reflexion notwendigen Daten und Perspektiven, d.h. Einsatz von Videographie und Einbindung transparenter, kollaborativer Zugänge
- c) Nutzung zeitlich und örtlich weitgehend flexibler Austausch- und Diskussionsformate zur Einbindung vieler Akteure

Mit diesen Grundgedanken kann innerhalb einer Lehrveranstaltung oder auch über Lehrveranstaltungen hinweg eine reflexive Kompetenzentwicklungskette aufgebaut werden.

2. Beschreibung des Lehrkonzepts und der Funktionalitäten der eingebundenen Tools

2.1 Grundlegende Beschreibung der Konzeptidee und -struktur

Um zeitaufgelöstes, kategorisiertes Feedback zu einzelnen Situationen direkt live im Prozess ohne größere Ablenkung erfassen zu können, wird das Tool *livefeedback* (Thyssen et al., 2019; Eigenentwicklung, Link: <https://didaktik.biologie.uni-kl.de>) eingesetzt, mit dem unter Fokussierung auf frei definierbare Kategorien alle Beobachtenden die Situationen als positiv, negativ oder ohne Wertung als diskussionswürdig markieren können. Diese Markierungen dienen funktional gleichzeitig als synchronisierte Sprungmarken zu korrespondierenden Positionen eines zeitgleich aufgenommenen Videos. Aus der Darstellung und Summation aller eingegebenen Markierungen der verschiedenen Beobachtenden ergeben sich über einen ‚Stundenverlauf‘ Profile für die adressierten Feedback-Kategorien, die auch als zeitaufgelöste Säulendiagramme graphisch dargestellt werden können. Eine eingeschränkte Kommentierung markierter Situationen ohne strukturierte Blogfunktionen o.ä. ist ebenfalls möglich. Das Tool *smallPART* (Eigenentwicklung, Open Source, Kooperation mit EGroupware GmbH, Link: <https://smallpart.de>) bietet komplexere Möglichkeiten zur nachträglichen, zeitaufgelösten Annotierung von aufgenommenen Videos mittels Textkommentaren und deren Re-Kommentierung sowie einer graphischen Markierung von Elementen im Videobild selbst. Beide Tools sind webbasiert und dadurch ortsunabhängig nutzbar.

Durch einen gemeinsamen Einsatz von *livefeedback* und *smallPART* (Abbildung 1) im Sinne einer Kompetenzentwicklungskette kann somit der Problematik des verzögerten Feedbacks entgegengewirkt werden. Beide Tools liefern bzw. verwenden als zentrales Medium Videos und ermöglichen durch ihren kombinierten Einsatz das Geben von sowohl unmittelbarem als auch nachträglichem, ausführlichem Feedback unter Vermeidung von Nachteilen wie z.B. der Störung des Ablaufs, fehlerhaften oder mangelnden Erinnerungen, reduzierter Multiperspektive oder zeit- und ortsabhängigen Determinanten. Ein entsprechendes Lehrkonzept (Abbildung 1) ist z. B. im Rahmen eines fachdidaktischen Moduls im Studiengang Bachelor of Education zu verorten.

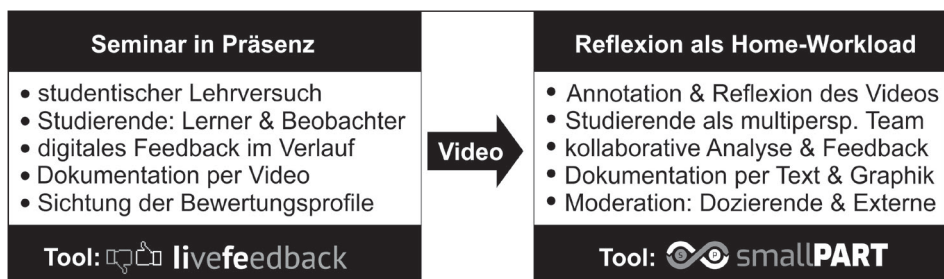


Abb. 1: Strukturierung des Lehrkonzeptes aus der Fachdidaktik Biologie.

2.2 Das Tool *livefeedback* und sein Einsatz

Wie der Name *livefeedback* vermuten lässt, wird mit der Hilfe dieses Tools das Geben von direktem, unmittelbarem Feedback mit z. B. einem Smartphone ermöglicht (Reflection in Action, Schön, 1987). Ein Ziel bei der Entwicklung des Tools war es, dies mit möglichst geringer Einflussnahme auf den Ablauf der jeweiligen Lehrprozesse unter Realisierung einer multiperspektivischen Beobachtung inklusive einer video-graphischen Aufzeichnung der Veranstaltung für anschließende Reflexionsprozesse zu realisieren. Als Feedback gebende Beobachtende sollten auch die Lernenden des Lehr-Lern-Prozesses eingebunden werden (Abbildung 2). Um deren Ablenkung und die Gesamtbeeinflussung so gering wie möglich zu halten, werden für das Feedback in *livefeedback* eine begrenzte Anzahl inhaltlich vorab festlegbarer Kategorien zur binären Bewertung von Situationen (als sog. Votes) über Buttons freigegeben. Damit soll zum einen eine Überforderung durch eine Fokussierung auf zu viele Aspekte und zum anderen durch eine zu starke Beanspruchung bei der Entscheidung im Hinblick auf eine graduelle Bewertung vermieden werden. Bei Bedarf können zudem Votes im Nachgang mit ausführlichen Kommentaren versehen werden. Dozierenden ist dies und auch der Einblick in die Bewertungen schon während der Beobachtungsphase möglich. Diese Rollentrennung wurde aufgrund der mit der Kommentierung einhergehenden Einschränkung der Aufmerksamkeit für die Verfolgung des Live-Prozesses vorgenommen. Die Multiperspektive bildet *livefeedback* durch automatisch generierte Zusammenfassungen von Daten zum gegebenen Feedback ab. Dies erfolgt sowohl graphisch in Form von zeitaufgelösten Balkendiagrammen (Abbildung 2) als auch mittels tabellarischer Aufbereitung zu einzelnen Phasen und als Gesamtstatistiken zum Feedback. Diese abgebildeten Feedbackdaten stehen unmittelbar in Abhängigkeit zur Videozeit und liefern auf einen Blick Markierungen der perspektivischen Einordnung von Situationen. Dies erleichtert die Identifikation von Feedback-Hot-Spots und sonstiger z. B. durch sehr konträre Bewertungen ausgezeichnete und damit für Analysen besonders interessante Situationen und Zeitpunkte (Abbildung 2). Die Säulen der Diagramme sind gleichzeitig Sprungmarken zu den korrespondierenden Positionen im Video, so dass die entsprechende Situation zügig (und möglichst vollständig) wieder in Erinnerung gerufen werden kann.

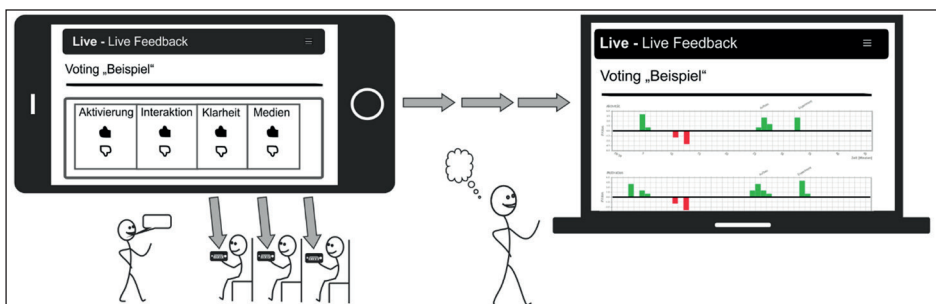


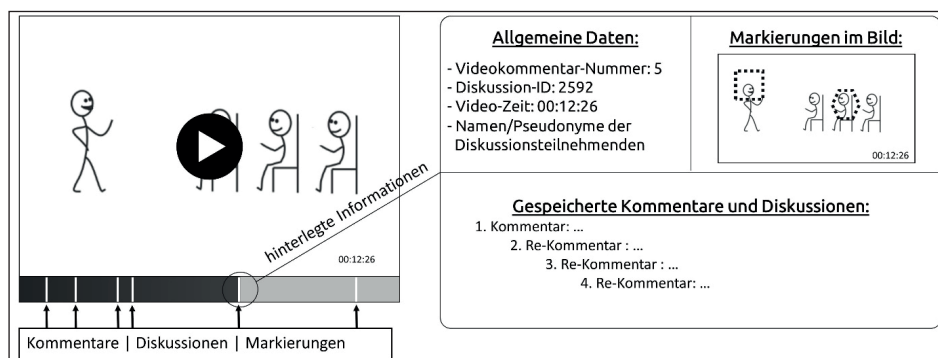
Abb. 2: Funktionsprinzip von *livefeedback*.

Den Beobachtenden bzw. Lernenden steht eine auf mobilen Geräten gut nutzbare Eingabemaske für das Geben von Feedback zur Verfügung (Abbildung 2). Dozierende können zu beobachtende Lehr-Lern-Veranstaltungen zu Modulen und Kursen zusammenfassen und damit ganze Lehrveranstaltungen mit wöchentlichen Terminen für studentische Lehrversuche im System abbilden. Mit den integrierten Funktionen ist auch ein Vergleich verschiedener, mit dem Tool bewerteter Lehr-Lern-Veranstaltungen innerhalb eines Kurs-Moduls möglich. Eine Nutzung des Systems ist kostenfrei und unter Einhaltung der DSGVO-Vorgaben möglich. Hervorzuheben ist, dass aufgenommene Videos nicht auf einem Server abgelegt werden, sondern lokal gespeichert und eingebunden werden können. Der Datenverkehr beschränkt sich auf die Übermittlung des Zeitpunkts, der Kategorie und der binären Bewertung einzelner Votes.

2.3 Das Tool *smallPART* und sein Einsatz

Die weiterführende Analyse aufgenommener Videos erfolgt im Lehrkonzept anschließend zeit- und ortsunabhängig mit *smallPART*, so dass auch Personen eingebunden werden können, die in der Livesituation nicht anwesend waren. Basierend auf dem erstellten Videomaterial ermöglicht *smallPART* ein videozeitgenaues Annotieren, Analysieren und das interaktive, kollaborative Geben von Feedback auch in asynchronen Formaten. Des Weiteren können in *smallPART* bequem für einzelne Situationen oder Vorkommnisse sogar Elemente im Videobild markiert (In-picture-Markierungen), thematisiert und durch Reaktionen auf Beiträge diskutiert werden, ähnlich wie in Blogs (Abbildung 3).

Das OpenSource-Tool *smallPART* erlaubt (ebenso wie ähnliche, kommerzielle Alternativen) somit ein komfortables und interaktives, d.h. multiperspektivisches, Kommentieren und damit auch Reflektieren im Nachgang (Reflection on Action, Schön, 1987) zu den studentischen Lehrversuchen. Durch die mit dem Video ermöglichte Dokumentation und Wiederholbarkeit einer Situation muss im Gegensatz zu Livesituationen keine Abwägung zwischen dem Verzicht auf eine konzentrierte Fortführung der Beobachtung und dem Verzicht auf ein ausführliches Kommentieren oder Diskutieren, evtl. sogar mittels einer Unterbrechung des Lehr-Lern-Prozesses, erfolgen. Dozierenden ist es möglich, videoübergreifende Beobachtungs- und Reflexionsaufgaben zu stellen oder auch durch Kommentare zu einzelnen Videopositionen situationsbezogene Analyseimpulse zu geben. Dadurch können kollaborativ unter Einbindung aller Beteiligten auch sehr konkrete, individuelle Analysen und Reflexionen zur Kompetenzentwicklung auf Seiten der bzw. des im Lehrversuch videografierten Studierenden aber auch bei den kommentierenden Studierenden unterstützt werden. Da die Sichtbarkeit von Kommentaren konfiguriert werden kann, sind auch voneinander unabhängige Analysen und Reflexionen möglich, die erst anschließend für alle als Peer-Feedback transparent gemacht werden und dann Grundlage für eine zweite Reflexionsrunde sein können. Das Tool erlaubt mittels LTI eine Anbindung an verschiedene Lernmanagementsysteme wie *Moodle*, *ILIAS* oder *OpenOLAT*.

Abb. 3: Funktionsprinzip von *smallPART* inklusive In-picture-Markierungen.

3. Diskussion des videobasierten Konzeptes und Variationsmöglichkeiten

Generell gilt, dass der Einsatz von Videos im Vergleich zu klassischen Lernmedien stets einer Abwägung in Bezug auf deren Nutzen, kognitive Belastung und Lernförderlichkeit bedarf. Der Einsatz sollte vorab stets situationsabhängig überprüft werden, denn empirische Studien zeigen, dass sich Lernförderlichkeitseffekte nur unter bestimmten Bedingungen einstellen (Santos-Espino et al., 2016). Zu berücksichtigen ist auch die weitgehend gesicherte Erkenntnis, dass Videos aufgrund ihrer multimodalen Natur die kognitive Belastung erhöhen können. Vor allem können die Anforderungen an Aufmerksamkeit und Verarbeitungskapazität erheblich ansteigen, wenn gesprochenes Wort, Schrift und bewegte Bilder miteinander kombiniert werden (Homer et al., 2008).

Trotz dieser Aspekte bieten Videos die Möglichkeit, eine soziale Interaktion, die im praktischen Unterricht stattfindet, zeitlich ‚einzufrieren‘ und diese wieder erlebbar zu machen. Es muss angemerkt werden, dass das Wiedererleben einer Situation mithilfe von Videos zwar das Erinnern erleichtert, aber nie mit der vom Individuum real erlebten Situation vergleichbar ist, da das Video (nur) eine weitere Perspektive aufzeigt. Dies kommt (schon rein optisch) zustande, da das Video unweigerlich die Perspektive der bearbeitenden aufnehmenden Person bzw. Position einfängt. Das Video kann dennoch weiterhin als eine ‚objektive‘ und ‚unveränderte‘ Sicht auf die Situation angesehen werden, da der Inhalt sich nach der Fertigstellung im Gegensatz zu menschlichen Erinnerungen nicht durch Zeit oder auch durch Interpretation der zu erinnernden Situation verändert. Ein weiterer Vorteil von Videos ist, dass ihre Erstellung kaum besondere technische Fertigkeiten bedarf und bei geringem Zeitaufwand mit nahezu jedem modernen Rechner (USB-Kamera) oder Mobilgerät problemlos zu leisten ist (Handke, 2020). Auch sind notwendige Aufnahmegeräte mittlerweile sehr günstig bzw. Teil vorhandener Ausstattung (Notebook, Tablet) und so klein geworden, so dass ihr Einsatz den Ablauf der praktischen Stunde nicht wesentlich stört.

Ein Vorteil der im Lehrkonzept mit *livefeedback* und *smallPART* produzierten bzw. genutzten Videos ist ihre Authentizität bei der Dokumentation der Lehrversuche. Als Demonstrationsvideos erfassen sie diese möglichst frei von subjektiven Beeinflussungen und Perspektiven und somit sind die Situationen quasi ‚objektiv‘, d. h. möglichst ungefiltert (Persike, 2020). Das ist möglich, da diese Art von Videos keinem vordefinierten Skript folgt, sondern eine Dokumentation individueller Geschehnisse darstellt (ebd.). Im Gegensatz zu reinen Diskussionen im Anschluss an Lehrsequenzen oder deren Beobachtung auf Videos liefern annotierungs-basierte Bearbeitungen gerade in der Lehrkräftebildung gute und weniger oberflächliche Ergebnisse (Krüger et al., 2012). Annotationen wirken als Reflexions- sowie Diskussionsanker und liefern den Lernenden in Bezug auf eine Ausgangsfragestellung eine Quintessenz des Inhaltes (ebd.). Gleichzeitig gewinnen Dozierende durch die zentrale Sammlung aller Beiträge in der Plattform leicht einen Überblick und haben dort bei Bedarf auch die Möglichkeit, den Prozess zu moderieren. In *smallPART* können die über *livefeedback* gewonnenen Daten als proaktive Bearbeitung der Inhalte aufgefasst werden, die, ebenso wie eine Interaktion mit Peers oder Dozierenden, welche Feedback geben und als Dialogpartner zur Verfügung stehen, von wesentlicher Bedeutung für den Lernerfolg sind (Vohle & Reinmann, 2012). Über den beschriebenen Ansatz können digital auch externe Akteure aus z. B. Studienseminaren ohne größere Probleme in die Reflexion eingebunden werden.

Als eine unter Corona-Bedingungen taugliche Variante konnten in *smallPART* anstelle von in Live-Situationen aufgenommenen Videos auch Lehrvideos der Studierenden eingesetzt werden, die zuhause unter Einbindung von Versuchsdemonstrationen und Lehrervorträgen erstellt wurden. Auch hier war eine kollaborative Annotierung und Reflexion zielführend. Mit *smallPART* ist in diesem Use-Case neben einem Fokus auf der Performance der Lehrenden im Video auch eine Analyse des Videos unter mediendidaktischen Aspekten möglich.

Literatur

- Abendroth-Timmer, D. (2011). Reflexive Lehrerbildung: Konzepte und Perspektiven für den Einsatz von Unterrichtssimulation und Videographie in der fremdsprachendidaktischen Ausbildung. *Zeitschrift für Fremdsprachenforschung*, 22(1), 3–41.
- Gander, H.H. & Breyer, T. (Hrsg.). (2010). *Husserl-Lexikon*. Wiss. Buchges.
- Handke, J. (2020). *Handbuch Hochschullehre digital: Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre* (3., aktualisierte und erweiterte Auflage). <https://doi.org/10.5771/9783828875302>
- Homer, B. D., Plass, J. L. & Blake, L. (2008). The effects of video on cognitive load and social presence in multimedia-learning. *Computers in human behavior*, 24(3), 786–797. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.02.009>
- Husserl, E. (1922). *Logische Untersuchungen. Untersuchungen zur Phänomenologie und Theorie der Erkenntnis*. Teil 1. (3. Aufl.). Husserl, Edmund: Gesammelte Schriften: Bd. 2.
- Husserl, E. (1966). *Husserliana. Analysen zur Passiven Synthesis: Aus Vorlesungs- und Forschungsmanuskripten 1918–1926* (M. Fleischer, Hrsg.).

- Krüger, M., Steffen, R. & Vohle, F. (2012). Videos in der Lehre durch Annotationen reflektieren und aktiv diskutieren. In G. S. Csanyi, F. Reichl & A. Steiner (Hrsg.), *Digitale Medien – Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre* (S. 198–210). Waxmann.
- Kulhavy, R. W. (1977). Feedback in Written Instruction. *Review of Educational Research*, 47(2), 211–232. <https://doi.org/10.3102/00346543047002211>
- Kulik, J. A. & Kulik, C.L. C. (1988). Timing of Feedback and Verbal Learning. *Review of Educational Research*, 58(1), 79–97. <https://doi.org/10.3102/00346543058001079>
- Looss, W. & Rauen, C. (2005). Einzel-Coaching – Das Konzept einer komplexen Beratungsbeziehung. In C. Rauen (Hrsg.), *Innovatives Management. Handbuch Coaching* (3. Aufl., S. 155–173). Hogrefe.
- Persike, M. (2020). Videos in der Lehre: Wirkungen und Nebenwirkungen: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen. In H. M. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (1. Aufl., S. 271–301). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_23
- Santos-Espino, J. M., Afonso-Suárez, M. D. & Guerra-Artal, C. (2016). Speakers and boards: A survey of instructional video styles in MOOCs. *Technical communication*, 63(2), 101–115.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*. The Jossey-Bass higher education series. Jossey-Bass.
- Schüpbach, J. (2007). *Über das Unterrichten reden: Die Unterrichtsnachbesprechung in den Lehrpraktika – eine ‚Nahtstelle von Theorie und Praxis‘?* Schulpädagogik – Fachdidaktik – Lehrerbildung: Bd. 14. Haupt.
- Thyssen, C., Hornung, G., Kiebusch, L. & Klaeger, K. (2019). LiFe – LiveFeedback. Tool für vernetztes Feedback aus Universität und Schule. In M. Degeling (Hrsg.), *Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung: Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 289–301). Verlag Julius Klinkhardt.
- Vohle, F. & Reinmann, G. (2012). Förderung professioneller Unterrichtskompetenz mit digitalen Medien: Lehren lernen durch Videoannotation. In R. Schulz-Zander, B. Eickelmann, H. Moser, H. Niesyto & P. Grell (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 9* (S. 413–429). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94219-3_18

Sachcomicgestaltung mit der Paper-Cut-Out-Technik im Lehramt der Naturwissenschaften

Markus Prechtl

An Hochschulen erlernen Studierende Unterrichtsplanungen in Schulpraxisphasen. Das Spektrum an Professionalisierungsmethoden, die dabei eingesetzt werden und in denen sich didaktische Fertigkeiten widerspiegeln, die für Unterrichtsplanungen relevant sind, ist recht schmal. Üblich sind theoriebasierte Unterweisungen anhand von Fachliteratur und Unterrichtsentwürfen sowie Analysen von videografiertem Unterricht oder Vignetten. Seit drei Jahren verfolgt der Autor, gemeinsam mit Lehramtsstudierenden im Fach Chemie an der TU Darmstadt, das Ziel, dieses Spektrum um eine Methode zu erweitern, die angehende Lehrpersonen dazu herausfordert, erstens die strukturierte Vermittlung von Inhalten in Kontexten durch Storytelling, zweitens Potenziale und Grenzen von Visualisierungen sowie drittens Diversitätsdimensionen (Geschlecht, Ethnie etc.) zu reflektieren. Als zielführend und praktikabel erwies sich die kollaborative, fachdidaktisch fundierte Gestaltung von Sachcomics mit der Paper-Cut-Out-Technik (Abbildung 1) und deren anschließende Begutachtung im Plenum.



Abb. 1: Ausschnitte aus einem Paper-Cut-Out-Sachcomic
(Jakob, 2019; www.disensu.de/comics/)

Im Beitrag wird dieses Konzept vorgestellt. Um die Anschaulichkeit der nachfolgenden Darlegungen zu stärken, empfiehlt der Autor, das ergänzende Tutorial¹ auf der Website zu diesem Buch aufzurufen.

1. Basis: Konzept und Technik

Beim Paper-Cut-Out werden ausgeschnittene Papierformen zu Flachfiguren, Objekten und Hintergründen auf einer Arbeitsfläche angeordnet und von oben digital fotografiert. Durch die Verknüpfung der Einzelbilder zu Bildersequenzen entstehen eingängige Sachcomics. Das Prinzip lässt sich sehr gut auf die Visualisierung von Schulversuchen in ihren alltagsbezogenen Kontexten anwenden. Dabei greifen etliche Gütekriterien für Unterricht, unter anderem die korrekte Darstellung von Versuchsdurchführungen und der reflektierte Gebrauch von Fachsprache. Abbildung 1 bietet hierzu eine Impression. Den Sachcomic zur Titration im Kontext von Umweltanalytik und Umweltschutz hat ein Lehramtsstudent mit der Paper-Cut-Out-Technik erstellt. Das Beispiel belegt, dass auch komplexe Themen visuell darstellbar sind. Gewiss sind visuelle Präsentationen in den Orientierungsrahmen zur Digitalisierung im Lehramt der Naturwissenschaften bereits verankert (Becker et al., 2020). Von Interesse sind jedoch primär Einzelbilder, Grafiken und Modelle (Dickmann, 2019; Carter, 2013), wohingegen eine Auseinandersetzung mit Bildersequenzen, beispielsweise mit Steps-and-Parts-Abbildungen (Sumfleth & Telgenbüscher, 2000), selten stattfindet. Insofern ist die Gestaltung eines Sachcomics eine sinnvolle Erweiterung des Repertoires naturwissenschaftsbezogener Visualisierungen. Zum einen erfordert sie, sich mit visueller Codierung (Heber, 2018; Heimann & Schütz, 2018), die in Lernprozessen für Fokussierung und Struktur sorgt, vertraut zu machen. Zum anderen entspricht der Entwurf eines Storyboards zur Vorstrukturierung eines Sachcomics im Prinzip dem Prozess, der in der Unterrichtsplanung zu einem Artikulationsschema führt. Darüber hinaus werden Betrachtungen zu Vor- und Nachteilen des Gebrauchs analoger und digitaler Lernbegleiter oder hybrider Formen sowie zur Qualität der Leseführung, der Figur-Hintergrund-Kontraste oder der Positionierung von Sprechblasen bei den Studierenden angeregt.

2. Umsetzung: analog und digital

Das Verschieben von Formen während des Gestaltens eines Sachcomics ist sowohl manuell als auch rein computergeneriert möglich. Zwei Argumente sprechen für die analoge Variante mit anschließender digitaler Nachbearbeitung. Erstens stößt das kollaborative Arbeiten am Computer an seine Grenzen, wenn mehrere Personen gleichzeitig Bildersequenzen optimieren möchten. Da die Maussteuerung nur von einer Hand ausgeführt wird, bleibt der Spielraum jeder weiteren Person auf münd-

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.



Abb. 2: Screenshot: digitale Nachbearbeitung eines Paper-Cut-Out-Sachcomics

liche Hinweise beschränkt. Beim analogen Cut-Out ist dies anders, da mehrere Personen parallel Formen arrangieren und zugleich Korrekturen am Setting vornehmen können. Eingedenk des Cognitive-Load-Konzepts ist zweitens anzunehmen, dass die Eingewöhnung in unvertraute Software den Fokus der Aufmerksamkeit der Studierenden von didaktischen hin zu technischen Herausforderungen verschieben dürfte. Indes sollte das Storytelling mit analogem Cut-Out die Aufmerksamkeit an den Inhalt und dessen Einbettung in den Spannungsbogen der Geschichte binden. Erst wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, folgt die Auseinandersetzung mit der digitalen Bildbearbeitung. Mit einer kostenlosen Software für Live-View-Aufnahmen (z.B. EOS Utility Canon) lässt sich die Digitalkamera, mit der die Papierfiguren, -objekte und -hintergründe fotografiert werden, bequem über den Laptop ansteuern. Diese Form des Arbeitens kennzeichnet professionelle Legetrickstudios. Bei Low-Cost-Varianten werden selbst gebaute Stative für Smartphones verwendet, ebenfalls mit zufriedenstellenden Resultaten. Comicsoftware (z.B. Comic Life) unterstützt die Überführung der Einzelbilder in die Gesamtstruktur des Sachcomics sowie die Beschriftung und Platzierung von Sprech- und Denkblasen (Abbildung 2).

3. Reflexion: Kontexte und Figuren

Es wurde bereits angesprochen, dass die Studierenden über das Gestalten eines Sachcomics darin geschult werden sollen, sinnstiftende Kontextualisierungen von Inhalten vorzunehmen. Bei ihrer Umsetzung der Konzeptideen Lernen im Kontext, situiertes Lernen und Anchored Instruction sind sie zudem dazu angehalten, kritisch-konstruktiv zu durchdenken, unter welchen Bedingungen kontextbezogene Inhalte eine interessen- und lernfördernde Wirkung erzielen und wann sie für das Lernen eher

ablenkende Hürden darstellen (Parchmann & Kuhn, 2018). Diese Herausforderung besprechen die Studierenden, während sie Möglichkeiten der Visualisierung von Inhalten erörtern. Einerseits liegen die Vorteile von Storytelling auf der Hand: „Storys zeigen Bedeutungszusammenhänge klarer auf und erschaffen Sinnstrukturen, an die die Menschen anknüpfen können“ (Kellermann, 2018, S. 15). Andererseits können aber auch kontrainentionale Resultate auftreten, wenn eine Figur, die im Sachcomic abgebildet wird, Stereotype reproduziert, was bei den rezipierenden Personen zu einer ablehnenden Haltung gegenüber Inhalten führen kann. Diesbezüglich belegen beispielsweise Befunde aus der Geschlechterforschung, dass maskuline Konnotationen von Fachgebieten wie Physik, Chemietechnik und Maschinenbau einen erheblichen Anteil daran haben, dass sich junge Frauen von diesen abwenden (Cheryan, Ziegler, Montoya & Jiang, 2017). Vor diesem Hintergrund wird die Implementierung von weiblichen Modellpersonen in Unterrichtsmedien befürwortet. Deren Repräsentation soll gerade Rezipientinnen dazu ermutigen, Interesse für Naturwissenschaften zu entwickeln. Dies funktioniert gut, wenn für spezifische Kontexte adäquate Modellpersonen ausgemacht werden können und diese von den Zielpersonen positiv wahrgenommen werden. Ist dies nicht der Fall, müssen die Studierenden im Rahmen ihrer Sachcomicgestaltung eruieren, wie Modellpersonen und Diversitätsdimensionen (Geschlecht, Ethnie, sexuelle Orientierung etc.) dargestellt werden sollten. Mitunter werden dabei Vorteile eines Sachcomics gegenüber Fotografien herausgestellt. Dies betrifft etwa Szenarien, in denen Modellpersonen nicht im Arbeitsumfeld fotografiert werden dürfen, da Bildrechte oder die Abwehr von Werksspionage garantiert werden müssen, oder Umfelder, die nicht unmittelbar zugänglich sind oder in der Zukunft liegen.

4. Resümee

Im Beitrag wurden die Vorzüge des Konzepts, die sich auf die strukturierte Vermittlung von Inhalten in Kontexten, Visualisierungen und Diversitätsdimensionen von Figuren bezogen, dargelegt. Die Zahl der Limitierungen, die sich in der Praxis zeigten, ist vergleichsweise gering. Einige Studierende empfanden das Ausschneiden von Flachfiguren als mühselig. Das Angebot, einen Schneideplotter zur Produktion der Pappformen zu nutzen, hielten sie jedoch für übertrieben. Einzelne Studierende äußerten, sie präferierten schriftliche Ausdrucksformen. Im Anschluss an die Gestaltung ihres Sachcomics bekundeten sie, dass es prinzipiell aber gut sei, verschiedene Methoden im Studium kennenlernen zu dürfen, auch wenn sie nicht den eigenen Präferenzen entsprächen. Nicht zuletzt stieß das Konzept auf Zuspruch, weil die Studierenden den Arbeitsaufwand als angemessen beurteilten und am Schluss des Lernprozesses ein Produkt steht, das mit Stolz vorgezeigt werden kann.

Auf der Website zu diesem Buch ist ein Tutorial von Jonas Jakob hinterlegt, welches durch alle praktischen Schritte des Cut-Outs führt; selbstverständlich in der Form eines Paper-Cut-Out-Sachcomics.

Literatur

- Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.). (2020). *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Joachim Herz Stiftung.
- Carter, M. (2013). *Designing Science Presentations. A Visual Guide to Figures, Papers, Slides, Posters, and More*. Elsevier.
- Cheryan, S., Ziegler, S.A., Montoya, A.K. & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1–35. <https://doi.org/10.1037/bul0000052>
- Dickmann, T. (2019). *Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. Zwei Seiten einer Medaille*. Logos.
- Heber, R. (2018). *Infografik. Gute Geschichten erzählen mit komplexen Daten*. Rheinwerk Design.
- Heimann, M. & Schütz, M. (2018). *Wie Design wirkt. Psychologische Prinzipien erfolgreicher Gestaltung*. Rheinwerk Design.
- Jakob, J. (2019). *Fischsterben am Angelteich – Leyla und die Winkler-Probe. Paper-Cut-Out-Sachcomic* [Online]. Verfügbar unter: www.disensu.de/comics/
- Kellermann, R. (2018). *Das Storytelling Handbuch*. Midas.
- Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger et al. (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193–205). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_12
- Sumfleth, E. & Telgenbüscher, L. (2000). Zum Einfluss von Bildmerkmal und Fragen zum Bild beim Chemielernen mit Hilfe von Bildern – Beispiel Massenspektrometrie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 59–78.

Zusatzmaterial: Sachcomicgestaltung



Förderung angehender Lehrkräfte im Umgang mit Evidenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Pascal Pollmeier & Sabine Fechner

Im Jahr 2016 wählte die Gesellschaft für deutsche Sprache e. V. das Wort „postfaktisch“ zum Wort des Jahres (GfdS, 2016). In der Begründung der Auswahl geht die Jury auf die abnehmende Bedeutung von Fakten zugunsten gefühlter Wahrheiten und Emotionen innerhalb der Gesellschaft ein. Besonders im Themenbereich des menschengemachten Klimawandels kann die Bedeutung von wissenschaftlichen Evidenzen für die gesellschaftliche und politische Diskussion erkannt werden (Schaal et al., 2017). Der Bildungssektor sieht sich mit der Herausforderung konfrontiert, die Evidenzbasierung derlei Diskussionen zu erhöhen. In erster Konsequenz müssten Lehrkräfte über entsprechende Kompetenzen evidenzbasierter Praxis verfügen (Wenglein et al., 2015). Dies beinhaltet neben persönlichen Fähigkeiten, relevante Evidenzen recherchieren und interpretieren zu können, auch Lernenden grundlegende Strategien zum Umgang mit Evidenzen zu vermitteln. Wenngleich Lehrkräfte sich eher motiviert und selbstbewusst bzgl. des Gebrauchs von wissenschaftlichen Evidenzen einschätzen (Williams & Coles, 2007), zeigt sich, dass es tatsächlich Probleme vor allem bei der Recherche und beim zielführenden Einsatz von Evidenzen gibt.

Im EU-Projekt „Research in Teacher Education“ (RiTE) wird untersucht, wie angehende Lehrkräfte im MINT-Bereich schon in der Ausbildung bei der Evidenzbasierung ihres Unterrichts gefördert werden können. Dabei geht es nicht ausschließlich um das Erstellen und den Umgang mit experimentellen Daten (Data Literacy) wie etwa in Ansätzen des Inquiry-based Learning, sondern auch um das Wahrnehmen subjektiver Einflüsse auf Studienergebnisse oder die Vertrauenswürdigkeit von Quellen. In der ersten Phase des Projekts werden Fallstudien an den fünf teilnehmenden Universitäten (in den Niederlanden, Großbritannien, Polen und Deutschland) durchgeführt. Ziel der ersten Projektphase ist es, den angehenden Lehrkräften Grundlagen der Evidenzbasierung zu vermitteln. In der zweiten Phase werden die Teilnehmenden im ersten Jahr ihres Referendariats bzw. Schuldienstes begleitet. Hier soll untersucht werden, inwiefern der tatsächlich gehaltene Unterricht evidenzbasiert ist. Der Fokus des Projekts liegt somit auf der Förderung der Kompetenzen der Lehrkräfte und nicht auf dem Umgang mit Evidenzen von Lernenden. Im vorliegenden Beitrag soll die Implementation der ersten Phase des Projekts an der Universität Paderborn vor dem Hintergrund ihrer konzeptionellen Gestaltung vorgestellt werden.

1. Evidenzbasierung von Unterricht

Als Grundlage aller Planungen zur Förderung von evidenzbasierter Praxis und Unterrichtsplanung ist das Konstrukt ‚Evidenz‘ genau zu untersuchen. Dabei wird das Konstrukt in verschiedenen Forschungsbereichen teils sehr unterschiedlich beschrieben (Kvernbekk & Pinto, 2011). Für das RiTE-Projekt wurde eine Definition gewählt, welche möglichst umfassend ist und Aspekte von Gorard et al. (2020) und Toulmin (2003) einbezieht, dabei aber gleichzeitig genügend Freiräume bereithält, um nationale Besonderheiten der jeweiligen Ausbildungskontexte für Lehrkräfte zu berücksichtigen:

Evidence is the best available information on a particular topic, especially if it refers to results of various studies. Evidence can be gathered and interpreted by researchers and anybody else (e.g. practitioners, experts, ...) through intentional and systematic procedures. The focus and format of evidence can vary with regard to internal interests, values and purposes of the authors or the target group.

Die dargestellte Definition lässt an vielen Stellen Freiheiten, welche jedoch durch übergeordnete Merkmale (z. B. systematische Sammlung von Evidenzen) eingegrenzt werden.

Mit Blick auf die Forschung im Bereich evidenzbasierter Entscheidungsfindung ist ein Schwerpunkt im Bereich Medizin zu erkennen. Breckon und Dodson (2016, S. 6) haben aus 36 systematischen Reviews insgesamt sechs übergreifende ‚Evidence-use‘-Mechanismen synthetisiert, welche die evidenzbasierte Entscheidungsfindung von politischen Entscheidungstragenden betreffen:

- i. Awareness – Building awareness and positive attitudes towards evidence use
- ii. Agree – Building mutual understanding and agreement on policy-relevant questions
- iii. Access and Communication – Providing communication of, and access to, evidence
- iv. Interact – Facilitating interactions between decision-makers and researchers
- v. Skills – Supporting decision-makers to develop skills accessing and making sense of evidence
- vi. Structure and process – Influencing decision-making structures and processes

Diese Mechanismen bilden die Grundlage für die Entwicklung der Implementation der ersten Phase im RiTE-Projekt. Nach Gorard et al. (2020) könnte es erfolgsversprechend sein, Interventionen aus dem Medizinbereich in die Bildung zu überführen. Dafür sollen die ‚Evidence-use‘-Mechanismen von Breckon und Dodson (2016) im vorliegenden Projekt adaptiert und ihr Nutzen in der Bildung evaluiert werden.

Zusammenfassend gibt es nur wenige gesicherte Erkenntnisse über das ‚Was‘ und ‚Wie‘ der Implementierung evidenzbasierter Entscheidungsfindung und Unterrichtsplanung im Bildungsbereich. Es gibt einen Bedarf an grundlegenden Arbeitsweisen und Implementationsansätzen, um Evidenzbasierung nachhaltig in die Schulpraxis zu integrieren.

2. Bisherige Seminarkonzeption

Die erste Phase des RiTE-Projekts wird nach dem Praxissemester des Landes NRW im Masterstudiengang implementiert.

Bei dem Seminar ‚Chemische Bildung und chemiedidaktische Konzeptionen‘ handelt es sich um ein Projektseminar zum Thema ‚Nachhaltigkeit‘. Die Studierenden erarbeiten in ihren Projektgruppen chemiebezogene Themen im Kontext Nachhaltigkeit und überführen die gewonnenen Erkenntnisse anschließend in einen Projekttag für Lernende, der am Ende des Semesters erprobt wird.

In der Planung des Projekttag erfolgt eine Orientierung am Konzept der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007). Neben der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernendenperspektive erstellen die Studierenden in der didaktischen Strukturierung die Arbeitsmaterialien für den Projekttag.

3. Implementation der Evidence-use-Mechanismen im Seminarverlauf

Um die Mechanismen der Evidenzbasierung in die Lehrkräftebildung zu integrieren, wurde das Seminar umstrukturiert. Abbildung 1 zeigt vier Evidence-use-Mechanismen (Breckon & Dodson, 2016), welche in das Seminar implementiert wurden. Dabei wurden die Mechanismen auf die verschiedenen Seminarsitzungen verteilt. Im Folgenden werden beispielhaft zwei Evidence-use-Mechanismen und ihre Implementation im Seminar vorgestellt.

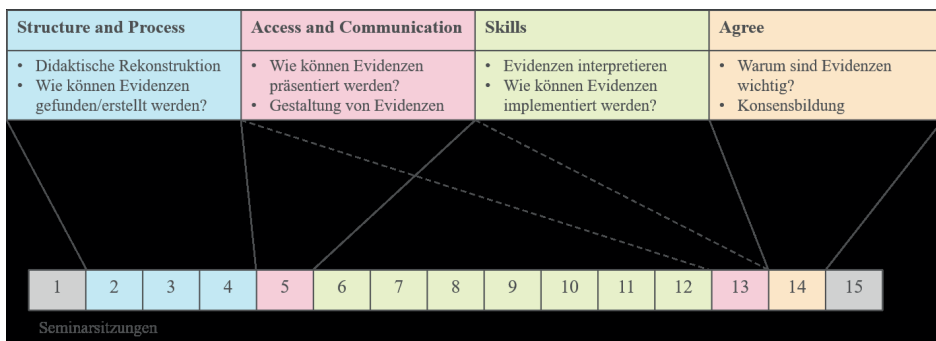


Abb. 1: Implementation der Evidence-use-Mechanismen nach Breckon & Dodson (2016) in die Sitzungen des Seminars ‚Chemische Bildung und chemiedidaktische Konzeptionen‘.

Mit dem Mechanismus ‚Access and Communication‘ (Sitzung 5 und 13) soll vor allem die Darstellung von Evidenzen behandelt werden. Im Sinne dieses Mechanismus soll die Passung der Evidenzen zur Zielgruppe untersucht werden. Dazu erstellen die Studierenden auf Grundlage der Analyse bestehender Grafiken Checklisten für die Gestaltung von Abbildungen und Grafiken. Neben rein gestalterischen Aufgaben wird auch die Sprache von Studien für verschiedene Zielgruppen auf typische Merkmale

untersucht. So entsteht eine Checkliste, welche zum Ende des Seminars (Sitzung 13) zur Bewertung der eigenen Grafiken genutzt wird.

Zum Ende des Seminars sollen die Studierenden mithilfe des Mechanismus ‚Agree‘ (Sitzung 14) die Bedeutung von Evidenzen für Entscheidungsprozesse und Diskussionen zusammenfassen. Der Mechanismus, welcher ursprünglich das Aushandeln relevanter Evidenzarten zwischen Forschenden und Entscheidungstragenden der Politik vorsieht, wurde dazu adaptiert. Als Kernaspekt wurde die Frage nach Evidenzarten erkannt, welche zur Beantwortung einer Frage, bzw. zur Unterrichtsplanung notwendig sind. Im Seminarverlauf wurden zuvor viele Methoden der Erstellung (z. B. randomisierte Kontrollgruppen Studien etc.) und Bewertung (z. B. Gestaltung von Grafiken etc.) von Evidenzen behandelt. In Sitzung 14 soll nun die Evidenzbasierung als Prozess reflektiert werden. Dazu sollen die Studierenden zuerst ihren in Projektgruppen selbst entwickelten Projekttag analysieren. Im Rückblick sollen sie gemeinsam beschreiben, an welchen Stellen Evidenzen innerhalb des Planungsprozesses eine wichtige Rolle gespielt haben. Dabei sollen die Evidenzen bzgl. des fach-chemischen Themas (z. B. Bewertung der Nachhaltigkeit der Wasserstofftechnologie) sowie bzgl. der Lernendenperspektive (z. B. eigene Erhebung von Schülervorstellungen zum Thema) berücksichtigt werden. Ebenso soll die erstellte Lernumgebung reflektiert werden. Somit wird neben dem eigenen Prozess und Umgang mit Evidenzen auch der geplante Lernprozess der Lernenden betrachtet. Nach der Reflexion auf Ebene der konkreten Lernumgebung soll eine Reflexion auf gesellschaftlicher Ebene stattfinden. Dazu wird ein NDR-Audio-Podcast von Prof. Dr. Christian Drosten zur Wirksamkeit des Medikaments Chloroquin zur COVID-19-Therapie genutzt, in welchem eine Studie zu diesem Thema kritisch reflektiert wird. Dieser Audio-Podcast wurde schon in der ersten Sitzung des Seminars behandelt, um die Bedeutung von Evidenzen zu diskutieren. Die erneute Konfrontation mit dem Beitrag soll nun die Sichtweise auf Evidenzbasierung in gesellschaftlichen Diskursen erneut aufgreifen. In diesem Zuge soll ebenfalls die wissenschaftliche Konsensbildung als Abwägen von Argumenten thematisiert werden. Insgesamt lassen sich die verschiedenen Evidence-use-Mechanismen zwar voneinander unterscheiden, jedoch wird durch die erläuterten Beispiele deutlich, dass eine strenge Trennung der Mechanismen pro Sitzungen nicht möglich, bzw. erstrebenswert ist. Durch die interdependente Thematisierung der einzelnen Mechanismen könnte ein umfassenderes Verständnis der Evidenzbasierung entwickelt werden.

Ergebnisse der Begleitforschung zu der Implementation liegen zum Zeitpunkt der Beitragserstellung noch nicht vor, werden aber nach Abschluss der Auswertung (voraussichtlich Mitte 2021) auf der Projekthomepage (<http://ddn-rite.eu/>) veröffentlicht. Dort befinden sich dann auch die konkreten Aufgabenstellungen zu den implementierten Evidence-use-Mechanismen.

Förderhinweis

Das Projekt „Research in Teacher Education“ wird durch ERASMUS+ gefördert (Agreement-Nummer: 2019-1-NL01-KA203-060339).

Literatur

- Breckon, J., & Dodson, J. (2016). Using Evidence: What Works? A discussion paper. *Alliance for Useful Evidence*, April, 36. (5–17). National Council of Teachers of Mathematics.
- Drosten, C. (2020, 19. März). *Malaria-Medikament vorerst kein Hoffnungsträger* [Audio-Podcast]. NDR. <https://www.ndr.de/nachrichten/info/17-Malaria-Medikament-vorerst-kein-Hoffnungstraeger,audio655730.html>
- Gesellschaft für deutsche Sprache e. V. (2016, 9. Dezember). *GfdS wählt »postfaktisch« zum Wort des Jahres 2016* [Pressemeldung]. Verfügbar unter: <https://gfds.de/wort-des-jahres-2016/#postfaktisch>
- Gorard, S., See, B. H., & Siddiqui, N. (2020). What is the evidence on the best way to get evidence into use in education? *Review of Education*, 8(2), 570–610. <https://doi.org/10.1002/rev3.3200>
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93–104). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_9
- Kvernbekk, T., & Pinto, R. C. (2011). Evidence-based practice and Toulmin. In F. Zenker (Hrsg.), *Argumentation: Cognition & Community: Proceedings of the 9th International Conference of the Ontario Society for the Study of Argumentation (OSSA)* (S. 1–12). Windsor.
- Schaal, G. S., Fleuß, D., & Dumm, S. (2017). *Die Wahrheit über Postfaktizität*. Bundeszentrale für Politische Bildung. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/apuz/258506/die-wahrheit-ueber-postfaktizitaet?p=all>
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument: Updated edition*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511840005>
- Wenglein, S., Bauer, J., Heininger, S., Prenzel, M., & München, T. U. (2015). Argumentative Nutzung von Evidenz. *Unterrichtswissenschaft*, 43, 209–224.
- Williams, D. & Coles, L. (2007). Teachers' approaches to finding and using research evidence: an information literacy perspective. *Educational Research* 49(2), 185–206. <https://doi.org/10.1080/00131880701369719>

Wie adaptiert man Unterrichtskonzepte erfolgreich?

Ein Beispiel anhand von Inquiry into Radioactivity für den Einsatz in Gymnasien

Michael M. Hull & Andy Johnson

In der fachdidaktischen Forschung werden neue Unterrichtskonzepte in der Regel für eine bestimmte Gruppe von Lernenden entwickelt und erprobt. Obwohl über verschiedene Altersstufen hinweg ähnliche Schwierigkeiten beim Lernen eines bestimmten Themas auftreten können, differiert das Vorwissen zum Teil sehr stark. Dementsprechend werden Zielsetzungen und Anforderungen der Unterrichtskonzepte an die jeweilige Lerngruppe angepasst. Möchten Lehrkräfte empirisch erprobte Unterrichtskonzepte anwenden, müssen diese in vielen Fällen erst entsprechend der jeweiligen Gegebenheiten adaptiert werden. Bildungswissenschaftliche Erkenntnisse (z. B. Debarger et al., 2017; Sawyer, 2004; Schrittmesser, 2013) legen nahe, dass erfahrene Lehrpersonen die Fähigkeit entwickelt haben, Lernschwierigkeiten wahrzunehmen, was es ihnen ermöglicht neue Unterrichtskonzepte flexibel an die Bedürfnisse ihrer Lernende anzupassen. Für angehende Lehrkräfte stellt dies jedoch eine besondere Herausforderung dar. Um diese zu ermutigen, trotzdem in Zukunft auf empirisch erprobte Unterrichtskonzepte zurückzugreifen, wurde ein Vertiefungsseminar entwickelt, welches zweimal an der Universität Wien gehalten wurde. Das Ziel des Vertiefungsseminars war es, Studierende des gymnasialen Lehramts dazu zu befähigen, den Lehrgang ‚Inquiry into Radioactivity (IiR)‘ für ihre eigene Unterrichtsplanung zu adaptieren. IiR ist ein Lehrgang zur Radioaktivität, der für Studentinnen und Studenten mit nichtnaturwissenschaftlichem Schwerpunkt an einer amerikanischen Universität entwickelt wurde. Die Studierenden des Vertiefungsseminars müssen daher einerseits die Materialien auf Deutsch übersetzen und andererseits kritisch hinterfragen, welche Teile des Konzepts im Unterricht verwendet werden können, da in der gymnasialen Oberstufe wesentlich weniger Zeit für das Thema Radioaktivität bleibt als an der Universität. Anhand dieses Beispiels sollen die Lehramtsstudierende die Fähigkeit erlernen und vertiefen, ein neues Unterrichtskonzept an die Bedürfnisse ihres Unterrichts zu adaptieren und gleichzeitig von der Tiefenstruktur und dem Inhalt des Unterrichtskonzepts zu profitieren.

1. Inquiry into Radioactivity

Forschung zum Lernen der Themen Kernphysik und Strahlung zeigt wesentliche Unterschiede zwischen dem Denken der Lernenden und den Zielen des traditionellen Unterrichts auf (z. B., Eijkelhof, 1990; Prather & Harrington, 2001; Riesch & Westphal,

1975). Zum Beispiel neigen Lernende dazu, Strahlung Eigenschaften einer Substanz zuzuschreiben. Sie stellen sich z. B. vor, dass wenn Strahlung Gegenstände trifft, die nicht radioaktiv sind, eine „Strahlungssubstanz“ am Gegenstand haften bleibt, welche diesen radioaktiv macht.

Das IiR-Unterrichtskonzept möchte das allgemein verbreitete Wissen über Radioaktivität erhöhen und ein Bewusstsein für das Thema schaffen. Es besteht aus vier Einheiten (‘Cycles’) die sich mit unterschiedlichen Themen beschäftigen. In Cycle 1 führen Lernende Experimente durch, aus denen sie die grundsätzlichen Eigenschaften der ionisierenden Strahlung ableiten. Cycle 2 stellt die Idee vor, dass Atome Quellen der Strahlung sein können. Cycle 3 beschäftigt sich mit der Wechselwirkung von Strahlung mit Materie inklusive des menschlichen Körpers. In Cycle 4 geht es um Kernenergie, radioaktive Abfälle von Kernkraftwerken und Halbwertszeit.

IiR basiert auf der Methode des forschenden Lernens. Die Fragestellungen und Experimente der Lernenden werden durch Arbeitsblätter geleitet, deren Bearbeitung in Gruppen erfolgt. Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass die Gruppen im Idealfall selbst Ideen entwickeln und die Lehrperson nur notwendige Hilfestellungen gibt. Die Themen in jeder IiR-Aufgabe sind anhand bekannter Lernschwierigkeiten aus früheren Semestern ausgewählt worden. Am Beginn jeder Aufgabe sollen die Lernenden immer begründete Vorhersagen machen, bevor sie beginnen, ihre Untersuchungen durchzuführen. Nach jeder Aufgabe und jedem ‘Cycle’ gibt es ein gemeinsames Gespräch, in dem Lernende gemeinsam ihre Ideen reflektieren.

2. Lernangebote des Vertiefungsseminars

Das Vertiefungsseminar dauert ein Semester. Die teilnehmenden Lehramtsstudierenden der Physik treffen sich einmal pro Woche für 90 Minuten. Die Konzeption des Vertiefungsseminars stützt sich auf die Annahme, dass die Studierenden professionelle Handlungskompetenzen nur mit Übung entwickeln können. „Learning... has as its central defining characteristic [...] that the mastery of knowledge and skill requires newcomers to move toward full participation in the sociocultural practices of a community“ (Lave & Wenger, 1991, S. 29). Daher ist es notwendig, dass die Studierenden im Zuge des Seminars auch selbst Unterrichtsstunden halten. In jeder Einheit verbringen zwei Studierende 50 Minuten damit, eine simulierte Unterrichtsstunde durchzuführen. Diese beiden Studierenden agieren in der Rolle der Lehrpersonen, während der Rest der Studierenden die Rolle der Schülerinnen und Schüler übernimmt. Nach der simulierten Unterrichtsstunde werden 25 Minuten damit verbracht, den zwei ‘Lehrpersonen’ Peer-Feedback zu geben.

Die Struktur des Vertiefungsseminars orientiert sich am ‘Think, Pair, Share’-Ansatz des ‘Peer-Instruction-Unterrichtskonzepts’ (z. B. Crouch & Mazur, 2001). Dieser eignet sich besonders dazu, Studierende in die Gestaltung des Unterrichts zu involvieren und dadurch einen besseren Lernfortschritt zu erzielen. In einem ersten Schritt hinterfragt jede Studierende einzeln für sich in wöchentlichen Hausaufgaben, wie sie IiR für den Einsatz im Gymnasium adaptieren würden (‘Think’). Dabei werden sie von der Semi-

narleitung unterstützt, indem diese Meinungen der Studierenden, die in der Hausaufgabe geäußert wurden, mittels eines 15 Minuten langen Vortrags zusammenfasst (z. B. *„Weil wir vieles vom Cycle 2 überspringen, war das Ziel der Hausaufgabe diese Woche den Rest des Cycles durchzulesen und zu argumentieren, ob Sie den Inhalt im Unterricht verwenden würden ... hinsichtlich Aufgabe 2.6 haben mehrere von Ihnen gute Begründungen angegeben die Aufgabe wegzulassen und andere von Ihnen haben argumentiert, dass wir diese Aufgabe verwenden sollten. Zum Beispiel ...“*). Im zweiten Schritt planen zwei Studierende gemeinsam eine Unterrichtssimulation (‚Pair‘). Hier müssen sie IiR für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe adaptieren und somit ihre erlernte Fähigkeit in die Tat umsetzen. Nach jeder Unterrichtssimulation diskutieren alle Studierenden zusammen, wie das Unterrichtskonzept für zukünftige Unterrichtsstunden noch besser adaptiert werden könnte (‚Share‘). Der Ablauf des Seminars ist in Abbildung 1 dargestellt.

Während des ersten Semesters, in dem das Vertiefungsseminar gehalten wurde, besuchten Schülerinnen und Schüler aus zwei Gymnasien das Vertiefungsseminar. Da jede Klasse nur eine Stunde im Seminar verbringen konnte, mussten die Lehramtsstudierenden besonders kritisch hinterfragen, welche Teile von IiR am wichtigsten sind und sich trotz der Zeitknappheit als Einstieg in das Thema Radioaktivität eignen.

Im zweiten Semester, in dem das Vertiefungsseminar gehalten wurde, hatten die Studierenden aufgrund der Corona-Pandemie keine Gelegenheit, Schülerinnen und Schüler zu unterrichten. Stattdessen sollten sich die Studierenden in den Hausaufgaben mit dem Lehrplan für Physik des Gymnasiums auseinandersetzen und folgende Fragen dazu beantworten: *„Welche Themen der Radioaktivität müssen Schülerinnen und Schüler lernen?“*; *„Gibt es Aufgaben von IiR, die Sie bis jetzt kennen gelernt haben, die für diese Themen geeignet wären und die Sie verwenden würden, um diese Themen zu unterrichten? Wenn ja, welche?“* Es wurde betont, dass es für die Benotung unerheblich sei, ob die Studierenden mit *„Ja, ich werde IiR verwenden“* oder *„Nein, ich werde IiR nicht verwenden“* antworten würden. Trotzdem gaben alle (N=24) Studierenden im zweiten Semester an, dass sie IiR in ihrem zukünftigen Unterricht verwenden werden. Weitere Informationen zum Aufbau des Vertiefungsseminar sind im Online-Supplement¹ des Kapitels einzusehen.

Zusammenfassend haben Studierende im IiR-Vertiefungsseminar an der Universität Wien kontinuierlich geübt, ein neues Unterrichtskonzept anhand der vorhandenen Rahmenbedingungen an österreichischen Gymnasien zu adaptieren und dadurch eine bedeutende Fähigkeit für ihr späteres Berufsleben zu entwickeln. Es lässt sich noch nicht absehen, welchen Einfluss dieses Vertiefungsseminar auf die zukünftige Unterrichtspraxis der Lehramtsstudierende haben wird. Die Rückmeldungen der Studierenden in der Kursevaluationen zeigen jedoch, dass diese die im Seminar gesammelten Erfahrungen durchaus positiv beurteilen und es erscheint plausibel, dass das Seminar Studierende ermutigt, um neue Unterrichtsplanungen in einer fundierten und flexiblen Weise zu adaptieren.

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

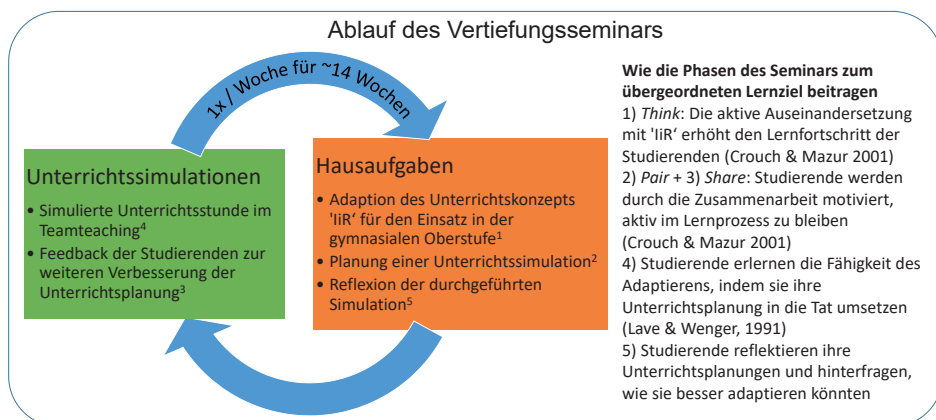


Abb. 1: Ablauf des Vertiefungsseminars inklusive Erläuterung, inwiefern die Phasen des Seminars zum übergeordneten Lernziel beitragen

3. Transfer des Lehrkonzepts

Das hier beschriebene Vertiefungsseminar orientiert sich an IiR, jedoch ist das Lernziel, das Adaptieren von neuen Unterrichtskonzepten zu lernen, auf andere Kontexte übertragbar. Die Gestaltungsprinzipien des Seminars (planen, durchführen, und reflektieren von Unterrichtssimulationen sowie Hausaufgaben, in denen die Studierenden hinterfragen, wie sie die Unterrichtskonzepte für den Einsatz in Gymnasium adaptieren können) sind ebenfalls übertragbar. Auch wenn es sich im hier beschriebenen Seminar als unproblematisch erwiesen hat, könnte es sein, dass manche Studierende Schwierigkeiten mit dem Übersetzen eines englischsprachigen Unterrichtskonzepts haben. Im Zuge der Anmeldung zur Lehrveranstaltung sollte daher bereits angemerkt werden, dass Englischkenntnisse eine notwendige Voraussetzung sind.

Das IiR-Unterrichtskonzept ist verfügbar auf radiationliteracy.org. Drei Simulationen für das Unterrichtskonzept sind dort ebenfalls verfügbar. Eine wesentliche Anpassung des IiR-Unterrichtskonzepts für Gymnasien war die Vorbereitung von Videos anstatt von Experimenten mit radioaktiven Strahlern, die in österreichischen Gymnasien nicht zulässig sind. Einige dieser Videos sind auch verfügbar.

Literatur

- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
- Debarger, A. H., Penuel, W. R., Moorthy, S., Beauvineau, Y., Kennedy, C. A., & Boscardin, C. K. (2017). Investigating Purposeful Science Curriculum Adaptation as a Strategy to Improve Teaching and Learning. *Science Education*, 101(1), 66–98. <https://doi.org/10.1002/sce.21249>
- Eijkelhof, H. M. C. (1990). *Radiation and risk in physics education* (CD[beta] Press).

- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Prather, E. E., & Harrington, R. R. (2001). Student understanding of ionizing radiation and radioactivity. *Journal of College Science Teaching*, 31(2), 89.
- Riesch, W., & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. *Der Physikunterricht*, 9, 75–85.
- Sawyer, R. K. (2004). Creative Teaching: Collaborative Discussion as Disciplined Improvisation. *Educational Researcher*, 33(2), 12–20. <https://doi.org/10.3102/0013189X033002012>
- Schrittesser, I. (2013). From Novice to Professional: Teachers for the 21st century and how they learn their job. *Learning to Be a Teacher in a Changing World*. University of Barcelona.

Zusatzmaterial: Unterrichtskonzepte



ReFeed: computerunterstütztes Feedback zu Reflexionstexten

Ein Lehrkonzept zur Förderung der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte an der Universität Potsdam

Lukas Mientus, Peter Wulff, Anna Nowak & Andreas Borowski

Schulpraktische Phasen stellen eine bedeutende praxisnahe Lerngelegenheit im Lehramtsstudium dar. Studierende sollen hier ihre schulpraktischen Erfahrungen mit dem bereits erworbenen Professionswissen verknüpfen. Die Reflexionskompetenz wird hierbei als Schlüssel zur professionellen Entwicklung angesehen (Korthagen & Kessels, 1999; Sorge et al., 2018, Mientus et al., eingereicht). In der Naturwissenschaftsdidaktik wurden spezielle Rahmenmodelle entwickelt, die ein strukturiertes Vorgehen bei der Reflexion ermöglichen (Abels, 2011; Nowak et al., 2019; Sorge et al. 2018). Unklar ist bislang, wie Feedback zu Reflexionen gemäß der Rahmenmodelle aussehen sollte, um die Entwicklung der Reflexionskompetenz zu stärken. Im vorliegenden Beitrag wird deshalb ein innovatives Lehrkonzept vorgestellt, welches computerbasiertes und menschengemachtes Feedback zu Reflexionstexten kombiniert, um sowohl strukturelle als auch inhaltliche Aspekte eines Modells für Reflexion ökonomisch und reliabel zu adressieren.

1. Entwicklung der Reflexionskompetenz durch Feedback

Nach von Aufschnaiter et al. (2019, S. 148) ist

Reflexion [...] ein Prozess des strukturierten Analysierens, in dessen Rahmen zwischen den eigenen Kenntnissen, Fähigkeiten, Einstellungen/Überzeugungen und/oder Bereitschaften und dem eigenen, situationsspezifischen Denken und Verhalten [...] eine Beziehung hergestellt wird, mit dem Ziel, die eigenen Kenntnisse, Einstellungen ... und/oder das eigene Denken und Verhalten (weiter-)zuentwickeln.

Um in diesem Sinne Wissen und Erfahrung systematisch zu verknüpfen, ist ein strukturiertes, zielgerichtetes Vorgehen notwendig, das bestimmte reflexionsbezogene Denkprozesse bei den Studierenden hervorruft (Lai & Calandra, 2007).

Nowak et al. (2019) haben zur Strukturierung reflexionsbezogener Denkprozesse ein Reflexionsmodell adaptiert, das auf dem Konzept des Erfahrungslernens basiert und zentrale Elemente für Reflexionsprozesse identifiziert. Eine Reflexion beinhaltet hierbei (1) strukturelle Elemente der Beschreibung einer (Unterrichts-)Situation, der Bewertung des Verhaltens der Lehrenden und Lernenden sowie der Ableitung von

Alternativen und persönlichen Konsequenzen für die eigene professionelle Entwicklung sowie (2) inhaltliche Elemente, die sich auf Reflexionsanlässe sowie das angewendete Professionswissen beziehen.

Zur Förderung der Reflexionskompetenz sollten sowohl strukturelle als auch inhaltliche Aspekte der Reflexionen durch Feedback adressiert werden (Poldner et al., 2014). Nach Hattie und Timperley (2007) sollten bei lernwirksamem Feedback die Fragen nach dem Ziel des Feedbacks („Feed Up“), der Umsetzung der Aufgabe oder des Problems („Feed Back“) und dem konkreten nächsten Schritt zur professionellen Weiterentwicklung („Feed Forward“) adressiert werden. Die Förderung struktureller Aspekte ist insbesondere zu Beginn der Ausbildung wichtig, da ein strukturiertes Vorgehen notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von Expertise ist (Korthagen & Kessels, 1999) und weiter als Grundlage für qualitativ höherwertige Reflexionsprozesse diskutiert wird (Hatton & Smith, 1995). Darüber hinaus ist die inhaltliche Rückmeldung wichtig, die spezifisch die identifizierten Reflexionsanlässe – und damit den Einbezug von Theoriewissen – beurteilt (Leonhard & Rihm, 2011), was eine Grundlage für die vertiefte Auseinandersetzung mit dem eigenen Wissen darstellt.

2. Förderung der Reflexionskompetenz im Projekt ReFeed

Im vorliegenden Lehrkonzept steht die Umsetzung eines lernwirksamen Feedbacks im Fokus, das sowohl ökonomisch umsetzbar als auch reliabel ist. Insbesondere Rückmeldungen zu studentischen Reflexionen in der Lehre gestalten sich häufig aufwändig, da Dozierende zahlreiche Studierende zu betreuen haben. Aus diesem Grund setzen wir innovativ das strukturelle Feedback computerbasiert um (Lai & Calandra, 2007), sodass Dozierende sich auf inhaltliche Aspekte der Reflexionen konzentrieren können (siehe Abbildung 1).

Das Lehrkonzept wird im Praxissemester Physik eingesetzt, welches an der Universität Potsdam 14 Wochen dauert. Die Studierenden nehmen an Vor-, Begleit- und Nachseminaren teil und geben ca. 50 Stunden eigenen Unterricht. Im Wintersemester 20/21 wurde das Lehrkonzept mit 12 Studierenden umgesetzt.

Vor den unterrichtspraktischen Erfahrungen erhalten die Studierenden eine Instruktion zum Reflexionsmodell, sodass die Erwartungen dazu, was eine Reflexion ist, möglichst klar sind (Feed Up). Im Verlauf des Praxissemesters reichen Studierende dreimalig schriftliche Reflexionen zu Situationen aus dem eigenen Unterricht ein. Nach jeder Einreichung erhalten die Studierenden Feedback (siehe Abbildung 1). Alle Dokumente werden über einen gemeinsamen Online-Speicherplatz pseudonymisiert hinterlegt und so zwischen Studierenden und Dozierenden ausgetauscht. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit ist im Online-Supplement¹ dieses Beitrags eine fiktive schriftliche Selbstreflexion, ein strukturelles Feedback sowie ein inhaltliches Feedback zur Einsicht hinterlegt.

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

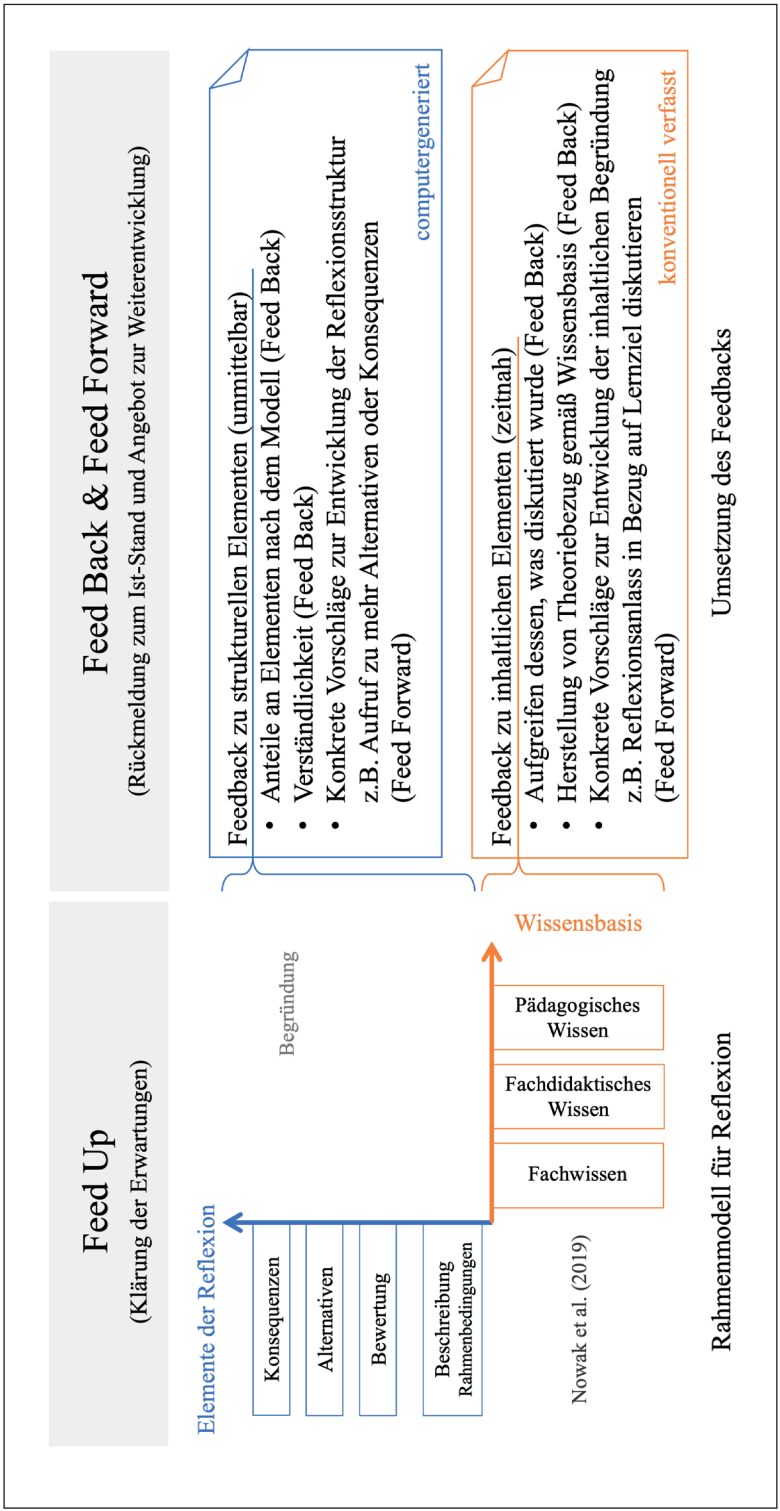


Abb. 1: Umsetzung des Feedbacks zu den studentischen Reflexionen.

Zur Reflexionsstruktur erhalten die Studierenden unmittelbar ein erstes schriftliches, computergeneriertes Feedback zur Umsetzung der strukturellen Elemente des Reflexionsmodells. Im Feedback werden Prozentwerte angegeben, die Aufschluss darüber geben, in welchem Maße sie jedes strukturelle Element des Reflexionsmodells in ihrem Reflexionstext umgesetzt haben (Feed Back). Weiter gibt der computerbasierte Lernalgorithmus konkrete Empfehlungen, sich für weitere Reflexionen stärker auf beispielsweise Alternativen oder Konsequenzen zu fokussieren (Feed Forward). Der diesem Feedback zugrundeliegende Algorithmus wurde in vorangegangenen Semestern von uns an der Universität Potsdam entwickelt und wird kontinuierlich evaluiert und optimiert (Wulff et al., 2020). Durch Einbezug computerbasierter Analysen erhalten Studierende individualisiertes Feedback ohne zeitliche Verzögerung (Buckingham Shum et al., 2017). Die computerbasierte Rückmeldung ist skalierbar und ökonomisch. Sie kann dazu beitragen, dass Studierende die Umsetzung des Rahmenmodells als notwendige Voraussetzung für höherwertige Reflexionsprozesse erlernen können.

Da eine substantielle Förderung der Studierenden über das strukturelle Feedback hinausgeht, erstellen Dozierende zeitnah ein zweites schriftliches Feedback zur inhaltlichen Umsetzung der Reflexion. Unter Berücksichtigung der Strukturanalyse des computerbasierten Lernalgorithmus identifizieren Dozierende zentrale Reflexionsanlässe der Studierenden. Unter Verwendung eines Bewertungsmanuals für Unterrichts- und Experimentiersituationen werden identifizierte Reflexionsanlässe eines normativen Konzeptes (z. B. Basisdimensionen von Unterrichtsqualität [pädagogisches Wissen], naturwissenschaftlicher Experimentierzzyklus, Lernzielorientiertheit oder Bezugnahme auf Schülervorstellungen [Fachwissen und fachdidaktisches Wissen]) adressiert (Feed Back). Im Rahmen dieser Konzepte werden Studierende individuell angeleitet, ihren Reflexionsprozess inhaltlich zu vertiefen, indem beispielsweise hinterfragt wird, inwieweit ein ausgewählter Schwerpunkt einer Experimentiersituation dem zu erreichenden Lernziel dienlich ist (Feed Forward).

3. Verstetigung des Lehrkonzeptes in der Praxis

Ziel des vorgestellten Lehrkonzeptes ist es, bei Studierenden eine Auseinandersetzung mit ihren schulpraktischen Erfahrungen anzuregen und deren Reflexionskompetenz zu fördern. Die Erwartungen an Reflexionen werden durch ein Rahmenmodell vermittelt. Unser Lehrkonzept verknüpft dann auf innovative Weise computerbasiertes und menschliches Feedback, um sowohl Aspekte der Struktur (Umsetzung des Rahmenmodells) als auch Aspekte des Inhalts (Identifikation von Reflexionsanlässen) in reflexionsbezogenem Feedback zu adressieren.

Das vorgestellte Lehrkonzept ermöglicht es, durch computerbasierte Lernalgorithmen Lehrkräftebildung evidenzorientierter und individualisierter zu gestalten. Allerdings muss die Implementation computerbasierter Lernalgorithmen in der Lehre in enger Abstimmung mit Dozierenden sowie Studierenden erfolgen, sodass die Akzeptanzbedingungen (z. B. in Bezug auf KI) klar werden (Wulff et al., angenommen). Das Lehrkonzept wird weiter in der Lehrkräftebildung an der Universität

Potsdam im Fach Physik eingesetzt, evaluiert und an die Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden angepasst. ReFeed verfolgt derzeit das Ziel, die entwickelten Algorithmen zur Analyse der Reflexionstexte auf andere Kontexte zu übertragen und für andere Dozierende frei zugänglich zu machen.

Literatur

- Abels, S. (2011). *LehrerInnen als 'Reflective Practitioner': Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht*. VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92735-0>
- Buckingham Shum, S., Sándor, Á., Goldsmith, R., Bass, R. & McWilliams, M. (2017). Towards Reflective Writing Analytics: Rationale, Methodology and Preliminary Results. *Journal of Learning Analytics*, 4(1), 58–84. <https://doi.org/10.18608/jla.2017.41.5>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>.
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33–49. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U)
- Korthagen, F. A. & Kessels, J. (1999). Linking Theory and Practice: Changing the Pedagogy of Teacher Education. *Educational Researcher*, 28(4), 4–17. <https://doi.org/10.3102/0013189X028004004>
- Lai, G. & Calandra, B. (2007). Using Online Scaffolds to Enhance Preservice Teachers' Reflective Journal Writing: A Qualitative Analysis. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 3(3), 66–81.
- Leonhard, T. & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 4(2), 240–270.
- Mientus, L., Hume, A., Wulff, P., Meiners, A. & Borowski, A. (eingereicht). Linking Pedagogical Content Knowledge and Practical Teaching Experience in Science Teacher Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Research Science in Teaching*.
- Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). *Reflexion von Physikunterricht*. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 838–841). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg.
- Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P. R.-J., van Tartwijk, J. & Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. *European Journal of Teacher Education*, 37(3), 348–373. <https://doi.org/10.1080/02619768.2014.892479>.
- Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I. & Schwanewedel, J. (2018). Was ist denn da passiert? Ein Protokollbogen zur Reflexion von Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor. *MNU Journal*, Ausgabe 6.2018, 420–426.
- von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *HLZ* (2019), 2, 144–159. <https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144>.
- Wulff, P., Buschhüter, D., Nowak, A., Westphal, A., Becker, L., Robalino, H., ... Borowski, A. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflec-

tions. *Journal of Science Education and Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>.

Wulff, P., Mientus, L., Nowak, A. & Borowski, A. (angenommen). Stärkung praxisorientierter Hochschullehre in der Lehrkräftebildung durch Reflexionsgelegenheiten in der Physikdidaktik. *Die Hochschullehre*.

Zusatzmaterial: ReFeed



Biologieunterricht in Blogs kompetenzorientiert reflektieren

Verfassen von Mikroartikeln im Praxissemester

Leroy Großmann & Stefan H. Nessler

Eine der Kernaufgaben von Lehrkräften, neben der Planung und Organisation von Unterricht, ist die Reflexion von Lehr-Lern-Prozessen (KMK, 2004). Dies spiegelt sich nach der Einführung des Praxissemesters in der ersten Phase der Lehrkräftebildung darin wider, dass eine stärkere Förderung der Reflexionskompetenz von Studierenden gefordert wird (Häcker, 2017), die die Studierenden anhand ihrer ersten Praxiserfahrungen entwickeln sollen.

In diesem Beitrag stellen wir exemplarisch für das Fach Biologie ein Konzept vor, mit dem Studierende im Begleitseminar zum Praxissemester ein konkretes Unterrichtserlebnis fachdidaktisch reflektieren, indem sie Mikroartikel verfassen und in einem Blog (<https://blogs.fu-berlin.de/didbio-mikroartikel/>) diskutieren. Diese Form der Veröffentlichung ermöglicht es einerseits den Studierenden im Zusammenhang mit der Nutzung der Kommentarfunktion, spezifische fachdidaktische Aspekte zu diskutieren und zu reflektieren. Andererseits können Dozierende die Reflexionsfähigkeit der Studierenden im Verlauf des Praxissemesters diagnostizieren und für die Gestaltung der Begleitseminarsitzungen nutzen. Auf diese Weise entsteht eine digitalisierte und verschriftlichte Sammlung von Unterrichtssituationen, die öffentlich einsehbar ist und in Lehrveranstaltungen der ersten und zweiten Phase der Lehrkräftebildung genutzt werden kann.

1. Reflexion als zentraler Bestandteil der Lehrkräftebildung im Fach Biologie

Vielfältige Aspekte sollen Lehrkräfte gemäß den Standards für die Lehrerbildung reflektieren können (KMK, 2004). Hierbei wird der Begriff „Reflexion“ allerdings selten explizit definiert, was zu Problemen in der Lehrkräftebildung führen kann: Die inflationäre Verwendung des Begriffs und sein mitunter unreflektierter Gebrauch (Griffiths, 2000) entwerten ihn zusehends und werfen in Forschung wie Lehre die Frage auf, wie der Begriff im jeweiligen Vorhaben konnotiert ist (Leonhard, 2020). Clarà schlägt eine sehr offene und deskriptive Definition vor: Reflexion ist ein „thinking process which gives coherence to a situation which is initially incoherent and unclear“ (2015, S. 263). Für Lehrkräfte werden drei Reflexionsmodi vorgeschlagen: Die Fähigkeit und die Bereitschaft, die eigene Unterrichtspraxis im Prozess kritisch zu beobachten (*reflection-in-action*; Schön, 1983), sie nachträglich in Frage zu stellen

(*reflection-on-action*, Schön, 1983) und Handlungsalternativen in Betracht zu ziehen (*reflection-for-action*; Körkkö et al., 2016). Diese Reflexionsmodi werden als Voraussetzungen für die Entwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften verstanden (Wyss, 2013) und gelten als wesentliche Charakteristika der Lehrkraft in ihrer Rolle als *reflective practitioner* (Schön, 1983). Als besonders kompetent werden solche Lehrkräfte verstanden, die alle drei Modi anwenden (Abendroth-Timmer & Frevel, 2013) und Praxis- und Theoriewissen aufeinander beziehen können (Leonhard & Abels, 2017). Doch was bedeutet das konkret für die Reflexion von Biologieunterricht?

Damit Studierende ihren Unterricht fokussiert fachdidaktisch reflektieren und eine inkohärente, unklare Unterrichtssituation auflösen können, benötigen sie einen Orientierungsrahmen, der ihnen Anhaltspunkte geben soll, welche fachdidaktischen Aspekte in einer Unterrichtssituation reflektiert werden könnten. Wir nutzen zu diesem Zweck das Pentagon-Modell (Park & Oliver, 2008), das eine handhabbare Konzeptualisierung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften naturwissenschaftlicher Fächer darstellt. Demnach verfügen Lehrkräfte über verschiedene Facetten fachdidaktischen Wissens, die über spezifische Reflexionsfragen aktiviert werden können (Tab. 1).

Tab. 1: Exemplarische Reflexionsfragen im Biologieunterricht und wie diese den Facetten des Pentagons-Modells zugeordnet werden können.

Facette fachdidaktischen Wissens	Reflexionsfragen
<i>Wissen...</i>	Inwiefern...
<i>... über kontextuelle Rahmenbedingungen</i>	... wurde eine biologiespezifische Kompetenz gefördert? ... wurden wissenschaftspropädeutische Aspekte berücksichtigt?
<i>... über das didaktische Potential des Themas</i>	... ist das ausgewählte Thema geeignet? ... wurde das Thema hinreichend didaktisch reduziert?
<i>... über die Lerngruppe</i>	... knüpft die Stunde an den Kompetenzstand der SuS an? ... werden Schülervorstellungen berücksichtigt?
<i>... über fachspezifische Instruktionsstrategien</i>	... ist die Wahl der Medien/Methoden funktional? ... sind die Lernaufgaben funktional?
<i>... über Beurteilung</i>	... ist Kompetenzzuwachs nachweisbar? ... ist die Sicherungs-/Übungs-/Transferphase funktional?

Ausgeprägtes fachdidaktisches Wissen zeigt sich vor allem in der vernetzten Betrachtung der fünf Facetten. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass es vor allem Novizinnen und Novizen schwerfällt, eigenes unterrichtliches Handeln prägnant und auf das Wesentliche fokussiert zu reflektieren, weil sie über weniger elaborierte und schwächer vernetzte kognitive Schemata verfügen als Expertinnen und Experten (Borko & Livingston, 1989). Zudem mangelt es im Berufsalltag von Lehrkräften nicht nur oft an Gelegenheiten, den eigenen Unterricht systematisch und zielorientiert zu reflektieren, sondern auch an der Fähigkeit, einen Reflexionsprozess kriterienorientiert zu gestalten (Wyss, 2013). Weitere typische Barrieren sind z. B. fehlende Unterstützung,

mangelnde Wahrnehmungsfähigkeit für problemhaltige Situationen oder eingefahrene Denkmuster, die eine selbstkritische Reflexion erschweren (Boud & Walker, 1993). Damit solche Barrieren möglichst erst gar nicht entstehen, sollten Lehrkräfte schon früh in ihrer Reflexionskompetenz gefördert werden. Zu diesem Zweck haben wir ein Konzept für die erste Ausbildungsphase entwickelt, das Studierenden Zeit und Raum für die Reflexion von Unterrichtssituationen bieten kann, indem sie im Rahmen des Begleitseminars Mikroartikel verfassen und diese in einem Blog veröffentlichen. Dadurch sind Mikroartikel, Blog und das Begleitseminar so miteinander verzahnt, dass Studierende durchgängig in diesem Prozess begleitet werden und zunehmend eigenständig ihren Biologieunterricht fachdidaktisch reflektieren.

2. Reflexion mit Mikroartikel und Blog

In der Lehrkräftebildung haben sich verschiedene Ansätze zur Förderung von Reflexionskompetenz etabliert (Klempin, 2019), darunter individuell-monologische Verfahren (z. B. Selbstberichte, Portfolios) und kollegial-dialogische Ansätze (z. B. Diskussionsforen). In diesem Beitrag stellen wir ein kombiniertes Reflexionsformat vor, in dem Studierende zunächst individuell-monologisch eine selbst erlebte Unterrichtssituation in Form eines Mikroartikels reflektieren und anschließend in einem von uns eingerichteten und betreuten Blog die dort von ihren Mitstudierenden zur Verfügung gestellten Mikroartikel kommentieren und diskutieren.

2.1 Mikroartikel als individuell-monologisches Reflexionsformat

Ein Mikroartikel ist eine „dokumentierte Beschreibung einer Lernerfahrung im Sinne einer komprimierten Fallstudie“ (Willke, 2009, S. 97) und soll als Reflexionsformat eine bestimmte Form (Abb. 1) und folgende Merkmale aufweisen (Willke, 2009):

1. Die Lehrkraft muss eine *für sie wichtige Lernerfahrung* machen.
2. Sie muss sich die Erfahrung so vor Augen führen können, dass sie *schriftlich formuliert* werden kann.
3. Die Geschichte muss *für andere nachvollziehbar* sein.
4. Sie muss ihren Artikel *öffentlich* machen.
5. Der Erfolg des Artikels bemisst sich daran, von wie vielen Personen er *gelesen und genutzt* wird.

Wichtig ist, dass der Mikroartikel als solcher nicht abgeschlossen ist und dass er erst dann sinnvoll eingesetzt ist, wenn er einen Diskurs eröffnet, in dem Kritik, Erweiterungen, Nachfragen und neue Anregungen zur Sprache kommen können. Durch Einhaltung des Formats und die Berücksichtigung der Merkmale kann er so als Instrument verwendet werden, um z. B. individuelle Lernerfahrungen, Ideen und Überlegungen von Studierenden zu sammeln und diese anschließend für angeleitete Reflexionsanlässe zu nutzen. Ein Mikroartikel zeichnet sich dabei durch einen

<i>Thema</i>	aussagekräftiger, spannender Titel, der das Interesse der Leserschaft wecken soll	
<i>Geschichte</i>	– fokussierte Beschreibung einer spezifischen problematischen Unterrichtssituation (d.h. <i>keine</i> chronologische Nacherzählung der Stunde) – anschauliche Darstellung, so dass die gesamte Situation für die Leserschaft greifbar wird – relevante Kontextinformationen wichtig (z.B. Kompetenzschwerpunkt, Klassenstufe o.ä.)	
<i>Einsichten</i>	– Formulierung der <i>lesson learnt</i>, d.h. der initialen, persönlichen „Moral von der Geschichte“ – noch <i>keine</i> elaborierte, theoretisch fundierte Analyse der Unterrichtssituation	<i>Anschlüsse</i> – Impulse an die Leserschaft im Blog – Fragen, Handlungsalternativen, Materialvorschläge usw.
<i>Folgerungen</i>	– Erklärung/Analyse der Unterrichtssituation mithilfe von biologiedidaktischer Literatur – Rückbezug zum ausgewählten Standard des Lehrplans – Entwicklung von Handlungsalternativen	

Abb. 1: Ein konkretisiertes Beispiel für das von uns verwendete Mikroartikelformat (verändert nach Willke, 2009). Eine Anleitung und ein Best-Practice-Beispiel als Muster für einen Mikroartikel finden sich in den Anhängen 1 und 2 (das Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung).

niederschweligen Zugang zu erlebten Lernerfahrungen aus, da er durch das Erzählen einer Geschichte und die Formulierung einer ersten Einsicht dazu einlädt, eine problematische und bislang nicht aufzulösende Unterrichtssituation zu beschreiben (*Geschichte*), diese initial persönlich einzuordnen und erste Erklärungsansätze zu äußern (*Einsichten*). Der Fokus liegt hier darauf, dass Studierende dafür sensibilisiert werden, problematische Situationen in Bezug auf die geplanten Ziele des Unterrichts selbst zu erkennen und diese für Kommilitoninnen und Kommilitonen nachvollziehbar zu verschriftlichen (*reflection-in-action*; *Merkmale 1–3*). Darüber hinaus sollen vor dem Hintergrund biologiedidaktischen Theoriewissens (Tab. 1) die beschriebene Situation kritisch reflektiert sowie Handlungsalternativen vorgeschlagen werden (*Folgerungen*; *reflection-on-action*), indem verschiedene Perspektiven (z. B. Angemessenheit einer Methode als Instruktionsstrategie für die spezifische Lerngruppe zur Förderung der ausgewählten Kompetenz) nach Park und Oliver (2008) in Beziehung zueinander gesetzt werden. Die abschließenden Impulse (*Anschlüsse*) dienen der Initiierung eines Diskurses mit den Mitstudierenden und den Dozierenden (*reflection-for-action*; *Merkmale 4–5*). In unserer Seminarkonzeption findet die Auseinandersetzung mit den Lernerfahrungen über eine Verzahnung des Begleitseminars und dem Blog statt.

2.2 Blogs als kollegial-dialogisches Reflexionsmedium

Ein wesentliches Merkmal für eine Reflexion und den Aufbau einer Reflexionskompetenz ist die konstruktive Auseinandersetzung und das gemeinsame Nachdenken über erlebte Lernerfahrungen. Damit eine Auseinandersetzung mit Mikroartikeln auch außerhalb der zeitlich sehr begrenzten Begleitseminare stattfinden kann – und somit

weder einer zeitlichen noch örtlichen Einschränkung unterliegt (asynchrone Arbeitsweise) –, werden diese (auf Wunsch anonym) in einem Blog veröffentlicht. Mithilfe der Anschlussfragen soll im Blog eine Diskussion erfolgen, in der die Studierenden so eigenständig wie möglich die in den Artikeln geschilderten Aspekte und die vorgeschlagenen Erklärungen/Begründungen wertschätzend und kritisch diskutieren, Fragen stellen und gemeinsam Handlungsalternativen entwickeln. Dadurch können Studierende Reaktionen zu ihren in den Mikroartikeln geäußerten Gedanken sammeln und sich beim Kommentieren in der kritischen Beurteilung von Unterrichtssituationen üben (Klempin, 2019). Zudem soll über die Arbeit im Blog vermittelt werden, dass Reflexionsprozesse eine soziale Praxis darstellen (Kaasila & Lauriala, 2012) und dass der Austausch und das gemeinsame Nachdenken über die Mikroartikel einen Mehrwert für die eigene Unterrichtspraxis bieten. Eine Reflexion im Blog entspricht daher der oben genannten von Clarà (2015) vorgeschlagenen Definition des Reflexionsbegriffs, da die Studierenden gemeinsam inkohärenten Unterrichtssituationen Kohärenz verleihen.

3. Das Seminarkonzept – Verzahnung von Begleitseminar, Mikroartikel und Blog

Die Inhalte und Struktur des Begleitseminars zum Praxissemester sind darauf ausgerichtet, dass Studierende gemeinsam mit Dozierenden theoretische Grundlagen zu verschiedenen Reflexionsschwerpunkten im Biologieunterricht erarbeiten, das Format und die Merkmale des Mikroartikels kennenlernen und wie dieser im Rahmen des Blogs genutzt wird (synchrones/analoges Arbeiten). Die kontinuierliche Reflexion mithilfe der Mikroartikel erfolgt asynchron über den Blog. Relevante Aspekte werden im Seminar aufgegriffen, sodass sich eine aufeinander abgestimmte synchrone und asynchrone Seminarstruktur ergibt (Abb. 2): Im Sinne eines Blended-Learning-Konzepts, um die Vorzüge des Bloggens möglichst effizient zu nutzen und um zu verhindern, dass das Verfassen von Mikroartikeln und das Kommentieren als lästige Zusatzaufgabe empfunden werden (Hall, 2018), bereiten wir die eigenständige Blogarbeit während des Begleitseminars schrittweise vor. In den ersten sechs Sitzungen des Begleitseminars werden kompetenzbereichsspezifische Indikatoren entwickelt, die für die Unterrichtsreflexion genutzt werden sollen.

Zunächst sammeln wir mit den Studierenden biologiedidaktische Reflexionsaspekte und grenzen diese von allgemein-pädagogischen Aspekten ab (Sitzung 01). Anschließend werden sämtliche Teile eines Mikroartikels im Seminar eingeführt (Sitzungen 02–04) und durch asynchrone Anwendungsaufgaben ergänzt, deren Resultate wiederum in die jeweils nachfolgende Sitzung einfließen. Ab Sitzung 05 können die Studierenden eigenständig ihre Mikroartikel im Blog mithilfe der Kommentarfunktion diskutieren; ausgewählte Mikroartikel bzw. Kommentare können Gegenstand der darauffolgenden Seminarsitzung werden. Von dort an kann man den Blog für den weiteren Verlauf des Praxissemesters und die weiteren (in Abb. 2 nicht dargestellten) Begleitseminarsitzungen nutzen.

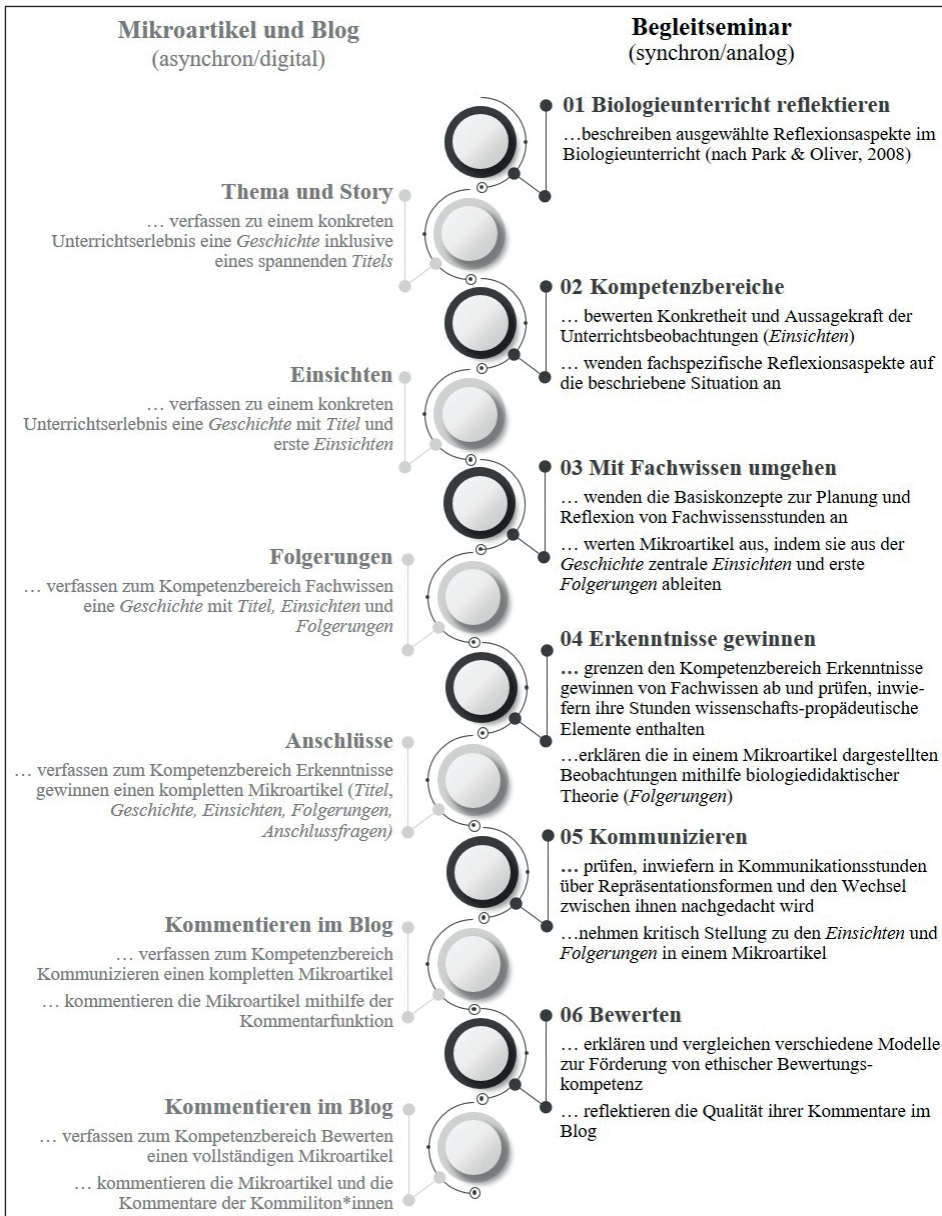


Abb. 2. Seminarconcept inklusive der angestrebten Seminarziele. Seminarsitzungen im Begleitseminar finden synchron (schwarz, rechts), Arbeitsaufträge im Blog asynchron statt (grau, links). Die zu schreibenden Mikroartikel fokussieren jeweils einen der vier im Seminar erarbeiteten Kompetenzbereiche, um zu gewährleisten, dass insbesondere in den Folgerungen elaboriertes biologiedidaktisches Theoriewissen (Gropengießer et al., 2020) genutzt werden kann, welches vor allem in den Sitzungen 03–06 erarbeitet wird.

4. Hinweise zur Umsetzung

4.1 Mikroartikel

Das Schreiben der Mikroartikel in der erforderlichen Form braucht Zeit und Übung, ehe Studierende explizit biologiedidaktische Problemstellungen adressieren können. Sie neigen gerade bei ihren ersten Mikroartikeln dazu, vorwiegend deskriptiv und wenig analytisch-reflexiv die eigene Unterrichtstätigkeit zu schildern und dabei ihre eigenen Ansichten selbst zu bestärken statt zu dekonstruieren (Killeavy & Moloney, 2010). In ihren *Geschichten* schildern sie zu Beginn häufig ganzheitliche Stundenbeschreibungen oder chronologische Nacherzählungen. Die Fokussierung auf einen kondensierten Moment, der problematisch war oder nicht erklärt werden kann, fällt zunächst schwer. Deswegen haben wir es als vorteilhaft angesehen, den Reflexionsbegriff nach Clarà (2015) explizit einzuführen, um Studierende für die vielen Momente der Irritation, Planänderung usw. zu sensibilisieren, die sie gewiss im Praxissemester erleben, aber anfangs offensichtlich noch nicht als Reflexionsanlässe wahrnehmen. In den *Einsichten* und den *Folgerungen* zeigt sich, dass häufig keine biologiedidaktische Literatur herangezogen und Handlungsalternativen entwickelt werden, sondern eher ein zumeist positives Resümee der Unterrichtsstunde gezogen wird. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, exemplarische Mikroartikel im Begleitseminar zu besprechen und Verknüpfungen zwischen den geschilderten Praxiserfahrungen und theoretischen Erklärungsmustern herzustellen, wie z. B. dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) und der Conceptual-Change-Theorie (Krüger, 2007). Auf diese Weise wird eine stärkere Verknüpfung des biologiedidaktischen Wissens gefordert, die über das meist ausschließlich adressierte Wissen über die Lerngruppe und ausgewählte Instruktionsstrategien hinausgeht und auch andere Wissensfacetten miteinbezieht (Park & Oliver, 2008).

4.2 Bloggen

Da ein nicht angeleitetes Bloggen kein hinreichender Ansatz ist, um Studierende zu einer kritischen Reflexion zu befähigen, sollte darauf geachtet werden, dass Dozierende das Bloggen aktiv mitgestalten und begleiten müssen (Hall, 2018). Dies beginnt damit, dass wir aufgrund der anfänglichen Schwierigkeiten beim Verfassen der Mikroartikel prüfen, ob das Textformat weitgehend korrekt umgesetzt wurde. Nach der Veröffentlichung der geeignetsten Mikroartikel im Blog schalten wir uns mit gezielten Impulsen in die Diskussionen über die Kommentarfunktion ein, um z. B. eine affirmative Haltung zu irritieren, eher unkritische Kommentare noch einmal kritischer zu beleuchten oder die von den Studierenden formulierten Anschlussfragen mit einem ergänzenden Vorschlag zu beantworten. Im Verlauf des Seminars wurden die Diskussionsbeiträge der Studierenden aber immer besser und gezielte Impulse unsererseits wurden weniger nötig. Der Blog bietet somit die Möglichkeit, kontinuierlich im Verlauf des Praxissemesters zu diagnostizieren, inwiefern es den Studierenden gelingt, Biologieunterricht kritisch und fokussiert zu reflektieren. Die Verzahnung der

asynchronen Arbeit am Blog und den synchronen Begleitseminarsitzungen ist also entscheidend dafür, dass die Studierenden durch das Bloggen über Mikroartikel ihre Fähigkeit, Biologieunterricht fachdidaktisch zu reflektieren, erweitern. Die auf diese Weise kontinuierlich wachsende Menge an Mikroartikeln in unserem Blog kann zu diesem Zweck auch für Studierende und Dozierende anderer Fächer eine ergiebige Quelle darstellen.

5. Fazit

Insgesamt wurde die Verschränkung von Blog, Mikroartikeln und Seminar als sehr positiv wahrgenommen. Die Nutzung des Blogs war – sowohl für die Studierenden als auch die Dozierenden – zu Beginn gewöhnungsbedürftig und benötigte eine gewisse Einarbeitungszeit, wurde im Laufe des Seminars aber immer selbstverständlicher. Jedoch wurde auch kritisch angemerkt, dass ein mündlicher Austausch als besser erachtet wird, anstatt über die Kommentarfunktion zu kommunizieren. Zudem wurden einzelne Diskussionsthemen, die im Seminar wieder aufgegriffen wurden, als redundant wahrgenommen. Als Weiterentwicklung dieses Formats empfahlen die Studierenden, die Diskussionsbeiträge im Blog und die Einbindung dieser im Seminar noch besser abzustimmen. Die von uns verwendete Form von Mikroartikeln bot einen niederschweligen Einstieg in die Reflexion von eigenem Unterricht und wurde als äußerst hilfreich beschrieben. Dies lag vor allem daran, dass man sich z. B. auf wesentliche Punkte einer Unterrichtsstunde beschränkte und diese dann unter Berücksichtigung der fachdidaktischen Reflexionsschwerpunkte diskutieren konnte. Dabei haben insbesondere die genauen Vorgaben und die klare Unterteilung der Mikroartikel geholfen. Einen Mehrwert des gesamten Seminarkonzepts erkannten Studierende vor allem darin, dass echte, selbst erlebte Unterrichtssituationen mithilfe von Mikroartikeln eingebracht werden konnten und Bestandteil des zielorientierten Austauschs waren. Abschließen möchten wir den Beitrag deswegen mit einer Rückmeldung aus dem Seminar: *„Durch das Diskutieren im Seminar und besonders auch durch die Arbeit mit den Mikroartikeln kam ich zu neuen Erkenntnissen und Ideen, die ich als sehr hilfreich mit Blick auf das Referendariat betrachte. Für mich kamen viele Fragen auf, die durch meine Kommilitonen beantwortet werden konnten.“*

Förderhinweis

Das Projekt *K2Teach* wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert.

Literatur

- Abendroth-Timmer, D., & Frevel, C. (2013). Analyse handlungsleitender Kognitionen anhand videogestützter Reflexionsprozesse angehender Spanischlehrender in verschiedenen berufsbio-graphischen Kontexten. In U. Riegel & K. Macha (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken* (S. 133–149). Waxmann.
- Borko, H. & Livingston, C. C. (1989). Expert-Novice Differences in Teaching: A cognitive analysis and implications for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 40(4), 36–42. <https://doi.org/10.1177/002248719104200407>
- Boud, D. & Walker, D. (1993). Barriers to reflection on experience. Using experience for learning. In D. Boud, R. Cohen & D. Walker (Hrsg.), *Using experience for learning* (S. 73–89). McGraw-Hill Education (UK).
- Clarà, M. (2015). What is reflection? Looking for clarity in an ambiguous notion. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 261–271. <https://doi.org/10.1177/0022487114552028>
- Griffiths, V. (2000). The reflective dimension in teacher education. *International Journal of Educational Research*, 33(5), 539–555. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(00)00033-1)
- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (2020). *Fachdidaktik Biologie* (12. Auflage). Aulis.
- Häcker, T. (2017). Grundlagen und Implikationen der Forderung von Reflexivität in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Berndt, T. Häcker & T. Leonhard (Hrsg.), *Reflexive Lehrerbildung revisited* (S. 21–45). Klinkhardt.
- Hall, L.A. (2018) Using blogs to support reflection in teacher education. *Literacy Research and Instruction*, 57(1), 26–43. <https://doi.org/10.1080/19388071.2017.1367055>
- Kaasila, R. & Lauriala, A. (2012). How do pre-service teachers' reflective processes differ in relation to different contexts? *European Journal of Teacher Education*, 35(1), 77–89. <https://doi.org/10.1080/02619768.2011.633992>.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93–104). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_9
- Killeavy, M. & Moloney, A. (2010). Reflection in a social space: Can blogging support reflective practice for beginning teachers? *Teaching and Teacher Education*, 26, 1070–1076. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.11.002>
- Klempin, C. (2019). *Reflexionskompetenz von Englischlehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor-Seminar. Eine Interventionsstudie zur Förderung und Messung*. JB Metzler. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-05120-2>
- KMK (Hrsg.) (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Körkkö, M., Kyrö-Ämmälä, O. & Turunen, T. (2016). Professional development through reflection in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 55, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.01.014>.
- Krüger, D. (2007). Die conceptual change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 81–92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_8
- Leonhard, T. (2020). Reflexion in zwei Praxen: Notwendige Differenzierungen zur Konsensformel reflexiver Lehrer_innenbildung. *Herausforderung Lehrer* innenbildung*, 3(2), 14–28. <https://doi.org/10.4119/hlz-2482>

- Leonhard, T., & Abels, S. (2017). Der „reflective practitioner“: Leitfigur oder Kategorienfehler einer reflexiven Lehrerinnen- und Lehrerbildung? In C. Berndt, T. Häcker & T. Leonhard (Hrsg.), *Reflexive Lehrerbildung revisited: Traditionen – Zugänge – Perspektiven* (S. 46–55). Klinkhardt.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC process on candidate teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 812–834. <https://doi.org/10.1002/tea.20234>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Willke, H. (2009). Der MikroArtikel als Instrument des Wissensmanagements. In S. Rietmann, & G. Hensen (Hrsg.), *Werkstattbuch Familienzentrum: Methoden für die erfolgreiche Praxis* (S. 97–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91640-8_8
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Waxmann.

Zusatzmaterial: Biologieunterricht a



Zusatzmaterial: Biologieunterricht b



„Oh Gott, was mach' ich jetzt?“

Unerwartete Unterrichtssituationen reflektieren und bewältigen –
ein Lehr-Lern-Labor-Format

Annette Marohn & Yvonne Rath

Was mache ich, wenn etwas passiert, mit dem ich überhaupt nicht gerechnet habe? Die Sorge vor unerwarteten Unterrichtssituationen wurde immer wieder von Studierenden geäußert, die in unserem Lehr-Lern-Labor C(LE)VER (Chemie lehren und lernen – Videografie ermöglicht Reflexion) seit 2013 Unterrichtseinheiten mit dem Fokus *Schülervorstellungen* planen und erproben (Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018). Obwohl die Studierenden intensiv vorbereitet und in ihrer Unterrichtsplanung beraten wurden, ließ sich die Unsicherheit vor der bevorstehenden Situation nicht vollständig ausräumen. Diese Erfahrung bildete 2016 den Anlass, typische „Stolpersteine“ im Handeln angehender Lehrkräfte – z. B. eine unerwartete Schüleräußerung oder das Misslingen eines Experiments – erstmalig systematisch zu erforschen und in Form von Videovignetten in unser Seminar einzubringen. Auf diese Weise sollten die Studierenden lernen, Ursachen dieser Stolpersteine bewusst wahrzunehmen, in ihrer Unterrichtsplanung zu berücksichtigen und schrittweise ein Repertoire zur Bewältigung von unerwarteten Situationen aufzubauen.

Der Beitrag stellt das Seminarkonzept vor und thematisiert Aspekte, die in der fachdidaktischen Lehrerbildung anderer Universitäten genutzt werden können: die Einbindung unerwarteter Situationen in praxisbegleitende Seminare, die Gestaltung von Video-Reflexionen sowie Möglichkeiten zur Planung und Reflexion eines eigenen Lehr-Lern-Labor-Formats.

1. Hintergrund

1.1 Schülervorstellungen

Seit vielen Jahren bildet die Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen einen verpflichtenden Bestandteil der Lehrerbildung in allen naturwissenschaftlichen Fächern (Kultusministerkonferenz, 2008). Zum notwendigen Hintergrundwissen der angehenden Lehrkräfte gehören konstruktivistische Theorien zur Erklärung der Entstehung von Vorstellungen ebenso wie unterrichtspraktische Ansätze (Gropengießer & Marohn, 2018). Eine besondere Rolle im Umgang mit Schülervorstellungen wird dabei der Initiierung eines *conceptual change* bzw. *conceptual development* mit Hilfe *kognitiver Konflikte* (Posner et al., 1982) zugeschrieben.

Die Herausforderung (angehender) Lehrkräfte besteht darin, das umfangreiche fachdidaktische Wissen zu Schülervorstellungen in unterrichtspraktisches Handeln zu transferieren. Dies erfordert vielfältige Kompetenzen, die im Rahmen eines Modells zusammengefasst wurden (Online-Ergänzung, Tab. 1¹).

Ein konkreter Ansatz, auf den Studierende im Rahmen des hier beschriebenen Seminars in ihrer Unterrichtsplanung zurückgreifen, bildet das Konzept *choice²learn* (Marohn, 2008a, 2021). Dieses verknüpft die Idee des (sozio-)kognitiven Konflikts mit dem Ansatz der kollaborativen Argumentation: Schülerinnen und Schüler positionieren sich in Einzelarbeit zu einem *concept cartoon*, der häufig auftretende Vorstellungen zu einem naturwissenschaftlichen Phänomen thematisiert. Lernende mit unterschiedlicher Positionierung bearbeiten anschließend gemeinsam in Kleingruppen vorgegebene *Lernimpulse* (Experimente, Gedankenexperimente, Modelle), aus denen sich Widersprüche (kognitive Konflikte) zu einzelnen Auswahlantworten des cartoons ergeben. Die Kleingruppen halten ihre Schlussfolgerungen in einem Argumentationsbogen fest und erarbeiten über das Prinzip der Falsifikation eine wissenschaftlich anerkannte Erklärung des Phänomens.

1.2 Lehr-Lern-Labore

Lehr-Lern-Labore bezeichnen keinen Raum oder eine Institution; sie können vielmehr als Formate verstanden werden, in denen die „forschend-reflexive Haltung durch theoriegeleitete Planung, Durchführung und Beobachtung von Unterricht mit anschließender Reflexion der Lehr-Lern-Prozesse gefördert“ wird (Krofta et al., 2012, S. 2). Dazu sollen authentische und – im Vergleich zur späteren Unterrichtspraxis – komplexitätsreduzierte Situationen gestaltet werden, anhand derer die Studierenden Theorie und Unterrichtspraxis in wechselseitige Beziehung setzen können.

1.3 Reflexion von Unterrichtsvideos

Reflexionsfähigkeit gilt als eine wesentliche Facette professioneller Handlungskompetenz. Bereits 1983 prägte Schön den Begriff des „Reflective Practitioner“, der in der Lage sein muss, Reflexion und Handlung miteinander zu verknüpfen. Studien belegen, dass gerade durch den Einsatz von Unterrichtsvideos in der Lehrerbildung Reflexions- und Analysefähigkeiten gefördert werden können (z. B. Goeze et al., 2013; Seidel et al., 2013) und die Entwicklung von Handlungsoptionen an Qualität gewinnt (Santagata & Guarino, 2011). Videos wirken kognitiv und emotional aktivierend, lassen sich ohne Handlungsdruck aus verschiedenen Perspektiven betrachten und sind beliebig oft wiederholbar (Krammer et al., 2012). Sie können zudem sowohl in Präsenz als auch in Distanz, z. B. im Rahmen von Online-Seminaren, genutzt werden.

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

2. Stolpersteine im Lehrerhandeln

Forschungsarbeiten, die sich systematisch mit „Stolpersteinen“, also unerwarteten Unterrichtssituationen aus der Perspektive angehender Lehrkräfte befassen, existieren bislang nicht. Aus diesem Grund wurde anhand von 53 Videos aus unserem Lehr-Lern-Labor eine eigene theoretische und empirische Fundierung vorgenommen.

Als *Stolperstein* bezeichnen wir einen aus Sicht der Lehrkraft unerwarteten Moment im Unterrichtsgeschehen, der eine Handlung erfordert, die von der ursprünglichen Planung abweicht. Diese Handlung bezeichnen wir als *Bewältigungsstrategie*. Dem Stolperstein geht mindestens eine *Ursache* voraus. Ursachen können im Lehrerhandeln verortet sein (z. B. in einer fehlerhaften Fachsprache), im Lernenden (z. B. dem mangelnden Fachwissen eines Schülers) oder auch im Material (z. B. einer missverständlichen Abbildung). Den Dreischritt aus Ursache, Stolperstein und Bewältigungsstrategie bezeichnen wir als eine *Stolperstein-Situation*. Unter *Vermeidungsstrategien* verstehen wir Maßnahmen, die in die Unterrichtsplanung integriert werden, um das Auftreten potentieller Stolpersteine zu verhindern.

2.1 Beispiele für Stolpersteine

1) Ein Student heftet in unserem Lehr-Lern-Labor einen concept cartoon mit vier Auswahlantworten zum Verdampfen von Wasser an die Tafel, um Vorstellungen seiner Schülergruppe zu erfassen. Er bittet die Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse, sich durch Anbringen von Klebepunkten zu einer der Aussagen zu positionieren. Nachdem der erste, leistungsstarke Schüler einen Klebepunkt gesetzt hat, folgen alle übrigen Lernenden seinem Beispiel; niemand traut sich, eine andere Position zu beziehen. Die Diagnosemethode erweist sich in dieser Form als wenig geeignet (*Ursache des Stolpersteins: inadäquate Methodenwahl*). In der Reflexion seiner Unterrichtsstunde notiert der Student als *Vermeidungsstrategie*, den concept cartoon zukünftig in Einzelarbeit anzuwenden.

2) Eine Studentin behandelt im Lehr-Lern-Labor das Thema *Brause* mit Schülerinnen und Schülern der 7. Klasse. Mehrere Lernende äußern die Vorstellung, dass die Brauseblasen aus Luft oder Sauerstoff bestehen. Die Studentin, die mit diesen Vorstellungen gerechnet hat, möchte über ein Experiment einen kognitiven Konflikt initiieren: Die Lernenden sollen in Partnerarbeit das Brausegas in einem Luftballon auffangen und über ein Teelicht leiten. Die Beobachtung, dass die Kerzenflamme durch das Gas erlischt, widerspricht der Annahme, es handele sich um Luft oder Sauerstoff.

Das anschließende Plenumsgespräch zeigt jedoch, dass sich zwei Gruppen in ihrer Vorstellung nicht widerlegt sehen (*Stolperstein: Intendierte Weiterentwicklung von Vorstellungen findet nicht statt*). Durch Nachfragen der Studentin werden zwei Ursachen deutlich: In einer Partnergruppe wurde die Kerzenflamme nicht gelöscht (*Ursache: Experiment schlägt fehl*). In einer weiteren Gruppe war das Experiment zwar erfolgreich, die Gruppe führt das Löschen der Flamme jedoch auf den ‚Luftzug‘ zu-

rück, der durch das schnelle Entweichen des Gases aus dem Ballon verursacht wird (*Ursache: erwartungswidrige Deutung eines Experiments*).

Die Studentin nutzt im Folgenden zwei Strategien, die sie sich in ihrer Planung zurechtgelegt hat: Zum einen führt sie das Experiment noch einmal als Demonstrationsexperiment durch; dazu hat sie in der Vorbereitung der Stunde bereits Materialien bereitgelegt. Die Schülergruppe erkennt, dass die Kerzenflamme tatsächlich ausgeht. Um der zweiten Ursache zu begegnen, nutzt sie eine allgemeine Bewältigungsstrategie, die zuvor im Seminar diskutiert wurde: Sie überlegt gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern, wie man überprüfen könne, ob die Flamme lediglich ‚ausgepustet‘ wird oder aufgrund der Eigenschaften des Brausegases erlischt (*Bewältigungsstrategie: Mit den Lernenden nach einer Lösung suchen*). Es entsteht die Idee, das Gas ‚langsamer‘ über die Kerze zu leiten. Dazu wird das Gas aus dem Luftballon zunächst in ein Becherglas umgefüllt, um es dann über die Kerze zu führen. Auch in dieser Versuchsanordnung erlischt die Flamme. Die Schülerinnen und Schüler deuten das Löschen der Flamme nun als Folge der Eigenschaften des Brausegases. Die Bewältigungsstrategie hat funktioniert. Die Studentin notiert die entwickelte Versuchsdurchführung in ihrem Reflexionsbogen als potentielle Vermeidungsstrategie für die Zukunft.

2.2 Häufig auftretende Stolpersteine und Ursachen

Um einen Fokus auf besonders relevante, d. h. häufig auftretende Stolpersteine legen zu können, wurden 53 Unterrichtsvideos aus dem Lehr-Lern-Labor C(LE)VER inhaltsanalytisch nach Kuckartz (2016) untersucht und 63 Stolperstein-Situationen ausgewertet.

Tabelle 1 listet die zehn häufigsten Stolpersteine und Ursachen auf. Tabelle 2 der Online-Ergänzung zeigt zudem eine Zuordnung von Stolpersteinen und Ursachen. Neben typisch naturwissenschaftsdidaktischen Stolpersteinen, z. B. *erwartungswidrige Vorstellung* oder *Misslingen eines Demonstrationsexperiments*, zeigen sich auch allgemeinere Kategorien, z. B. *keine oder wenige Meldungen*. Die Analysen verdeutlichen, dass sich auch hinter diesen Kategorien fachdidaktische Ursachen verbergen können: So nutzten z. B. einige Studierende keine Anschauungsmodelle, um abstrakte Sachverhalte in Plenumsphasen zu visualisieren und überforderten die Lernenden auf diese Weise mit ihren Fragestellungen.

Tab. 1: Die zehn häufigsten Stolpersteine und zehn häufigsten Ursachen; n = Anzahl der Codierungen

Stolpersteine	n	Ursachen	n
Erwartungswidrige Äußerung/Vorstellung	16	Unklare Formulierungen	10
Keine/wenige Meldungen	13	Geringe Bedenkzeit	10
Unklarheiten bei einer Aufgabe	11	Mangelhafte Fragetechnik	8

Stolpersteine	n	Ursachen	n
Verringerung der echten Lernzeit	8	Sprachlicher Anteil der Lehrkraft zu hoch	7
Richtige Antwort zum unerwarteten Zeitpunkt	6	Mangelndes Vorwissen	7
Wenig kognitive Aktivierung	3	Unsicherheit	7
Zugang zu Inhalten nicht sichergestellt	3	Erwartungswidrige Deutung eines Experiments	7
Misslingen eines Demonstrationsexperiments	3	Inadäquate Methodenwahl	5
Fehlerhafte Erklärung bzw. Verwendung von Fachsprache	3	Unterschiedliches Arbeitstempo der Lernenden	5
Intendierte Weiterentwicklung von Vorstellungen findet nicht statt	2	Abweichendes Begriffsverständnis zwischen Lehrkraft und Lernenden	4

3. Das Lehr-Lern-Labor

Das Lehr-Lern-Labor umfasst 14 Seminarsitzungen im Rahmen von zwei Semesterwochenstunden und gliedert sich in vier Phasen. Diese orientieren sich an einem entwickelten Modell (Online-Ergänzung, Abb. 1), das notwendige Kompetenzen von Lehrkräften im Hinblick auf den Umgang mit Stolpersteinen beschreibt. Die Online-Ergänzung bietet zudem eine Übersicht über sämtliche Seminarsitzungen und die eingesetzten Videovarianten.

- 1) *Forschungsbasierte Vorbereitung* (8 Sitzungen): Im ersten Teil vertiefen die Studierenden ihr Wissen aus dem Bachelorstudiengang und setzen sich mit Beispielen für Schülervorstellungen sowie Ursachen von Vorstellungen auseinander. Sie lernen Diagnoseinstrumente kennen (z. B. Kartenabfrage, concept cartoon, Fotostory, Zeichnung), entwickeln eigenständig ein Diagnoseinstrument und wenden dieses mit Personen ihres persönlichen Umfeldes an. Anschließend analysieren sie Videoszenen aus früheren Lehr-Lern-Labor-Durchgängen, die Stolpersteinsituationen bei der *Diagnose* von Schülervorstellungen veranschaulichen (vgl. Beispiel in 2.1).

Im zweiten Teil beschäftigen sich die Studierenden mit der Frage des *Umgangs* mit Schülervorstellungen. Sie sehen dazu Videoausschnitte aus dem choice²learn-Projekt des Arbeitskreises (Marohn, 2021). Diese veranschaulichen die Initiierung kognitiver Konflikte (vgl. Abschnitt 1.1). Im Anschluss reflektieren die Studierenden Videoausschnitte aus dem Lehr-Lern-Labor, in denen Stolpersteine im Umgang mit Schülervorstellungen sichtbar werden, z. B. das Misslingen eines intendierten kognitiven Konflikts (vgl. Beispiel in Abschnitt 2.1).

- 2) *Planung* (2 Sitzungen): Die Studierenden planen in Partnerarbeit eine eigene Unterrichtsstunde, die eine Phase der Diagnose und eine Phase des Umgangs mit

Schülervorstellungen beinhalten soll. Dazu müssen die Studierenden Vorstellungen zu einem ausgewählten naturwissenschaftlichen Kontext (z. B. Tintenkiller, Brotbacken, Feuerzeug, Stromkreis, Wärmekissen, Pflanzenernährung) recherchieren und antizipieren. Sie planen Lernimpulse, um kognitive Konflikte zu den erwarteten Vorstellungen zu initiieren. Zudem sollen sie ihr Wissen über typische Stolpersteine in Form von Vermeidungsstrategien in die Planung mit einbeziehen.

- 3) *Durchführung* (1 Sitzung): Jedes Studierenden-Team erprobt seine Unterrichtsstunde mit zehn Schülerinnen und Schülern in den Seminarräumlichkeiten des Instituts.
- 4) *Praxisreflexion* (3 Sitzungen): Die Studierenden-Teams reflektieren den Unterrichtsverlauf anhand der erstellten Videos. Jedes Team wählt eine Szene aus, um diese im Seminarplenum zu präsentieren und zu diskutieren.

4. Transfermöglichkeiten

4.1 Stolpersteine thematisieren

Unser Lehr-Lern-Labor hat uns vor Augen geführt, dass erfolgreiches Handeln der Studierenden in universitären Praxisphasen nicht allein von der Fähigkeit abhängt, erworbenes fachdidaktisches Wissen adäquat in Unterrichtsplanung und -handlung umzusetzen; es wird wesentlich mitbestimmt von der Fähigkeit, Situationen zu meistern, die von der ursprünglichen Planung abweichen. Fachdidaktische Seminare an anderen Universitäten, die Studierende auf Praxisphasen vorbereiten oder diese begleiten, können diese Situationen gezielt thematisieren.

Eine solche Thematisierung ist unabhängig vom thematischen Rahmen „Schülervorstellungen“ sowie den hier erwähnten Videos. Ausgangspunkt der Reflexion können Textvignetten, schriftliche Skizzen einer Unterrichtssituation, Videos aus eigenen Forschungsprojekten oder Praxisberichte von Studierenden sein. Die in Tabelle 1 aufgelisteten Stolpersteine sowie die in der Online-Ergänzung genannten Ursachen können helfen, sich auf diejenigen Situationen zu konzentrieren, die bei Praxis-Anfängern besonders häufig beobachtet werden konnten. Ziel sollte es sein, potentielle Auslöser von problematischen Situationen zu erkennen, um diese bei zukünftigen Unterrichtsplanungen „präventiv“ zu berücksichtigen.

4.2 Video-Reflexionen gestalten

Im Rahmen des Lehr-Lern-Labors wurde untersucht, in welcher Weise sich Video-Reflexionen anregen und strukturieren lassen. Daraus ergeben sich zwei Empfehlungen: die Komplexität der Reflexionen schrittweise zu steigern (vgl. Online-Ergänzung, Tab. 4 und Abb. 2) sowie ein immer wiederkehrendes Reflexionsmuster zu etablieren. Ziel ist es, über eine sich wiederholende „reflection on action“ (Schön, 1983) ein Schema zu verinnerlichen, das im Idealfall auch in der späteren Unterrichtshandlung Reflexionen initiieren und strukturieren kann („reflection in action“). In Bezug auf

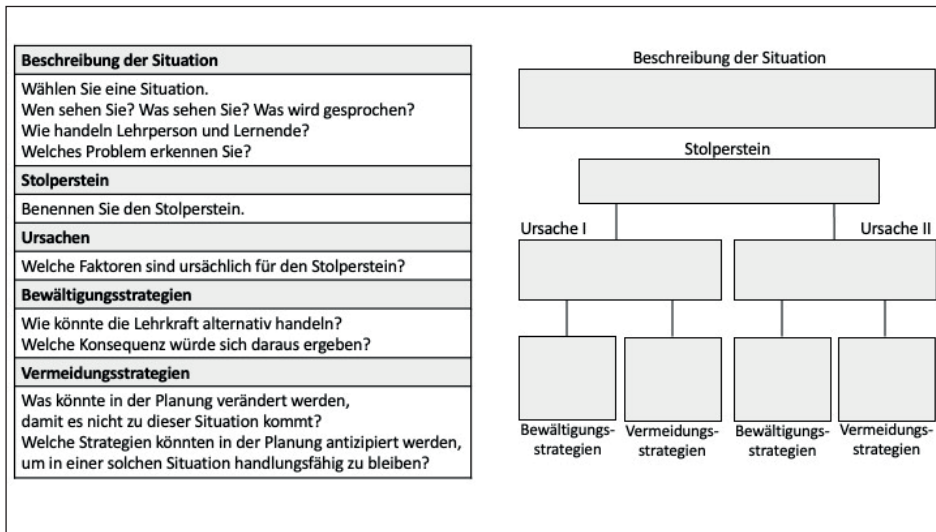


Abb. 1: Reflexionsschema (angelehnt an Santagata & Guarino, 2011) und Baumdiagramm zur Dokumentation der Reflexion

die Analyse von Stolpersteinsituationen hat sich das Reflexionsschema sowie das zugehörige Baumdiagramm in Abbildung 1 bewährt. Dies bestätigen Einzelinterviews mit Studierenden am Ende der Lehrveranstaltung: *Also, das [Reflexionsschema] fand ich sehr gut, weil man da auch wirklich nochmal auf diese Kernprobleme zu sprechen kommt. [...] Und da hilft so ein Schema, weil man sonst nicht so ganz weiß, wie soll man da rein gehen?*

4.3 Ein eigenes Lehr-Lern-Labor planen und reflektieren

Der Begriff des Lehr-Lern-Labors lässt Dozierende manchmal zurückschrecken: Er wird mit der Vorstellung eines besonderen Raumes mit spezieller Ausstattung in Verbindung gebracht sowie mit einem hohen Betreuungsaufwand. Das hier vorgestellte Konzept zeigt, dass ein Lehr-Lern-Labor auch in einem „normalen“ Seminarraum realisiert werden kann. Zudem müssen Studierende nicht zwingend eine eigene Unterrichtsstunde planen und erproben; sie können bereits vorhandene Materialien einsetzen oder sich auf die Beobachtung von Unterricht beschränken.

Vor dem Hintergrund der breiten Varianz möglicher Lehr-Lern-Labore möchte dieser Beitrag dazu anregen, eigene Formate zu entwickeln. Um die Planung einer solchen Veranstaltung zu unterstützen, wurde in Kooperation mit weiteren Fachdidaktiken der Universität Münster ein Modell konzipiert (Abb. 2), das die (Weiter-)Entwicklung von sechs Lehr-Lern-Labor-Formaten unterstützt hat. Das Modell verdeutlicht, dass sich Anforderung und Unterstützung in einem Lehr-Lern-Labor die Waage halten sollten, um Überforderungen zu vermeiden. Anforderungen und

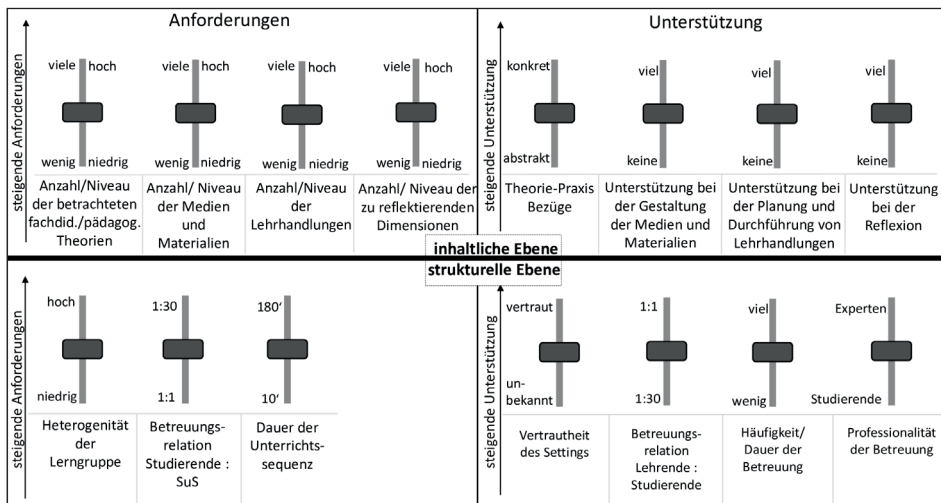


Abb. 2: Komplexität eines Lehr-Lern-Labors planen und reflektieren (Marohn et al., 2020)

Unterstützungsmaßnahmen können dabei wie auf einem „Schieberegler“ gezielt eingestellt werden.

Inhaltliche Unterstützung kann z. B. darin bestehen, dass die Studierenden in ihrer Planung von Experten begleitet werden. Strukturell entlastend wirkt sich aus, wenn Studierende mit nur wenigen Lernenden interagieren, in einem vertrauten Setting arbeiten (z. B. in einem bekannten Raum oder mit einer bereits vertrauten Schülergruppe) oder wenn die eingeladene Schülergruppe eine geringe Leistungsheterogenität aufweist.

Das Modell in Abbildung 2 bietet zudem die Chance, ein Lehr-Lern-Labor anhand der Schieberegler gemeinsam mit den Studierenden zu reflektieren und Anforderungen eventuell „nachzujustieren“. Unsere Reflexionen haben z. B. gezeigt, dass die Planung der Unterrichtsstunden in Partnerteams als komplexitätssteigernd empfunden wurde: *Ich finde, in der Durchführung macht es das gar nicht unbedingt einfacher, weil wir selber gemerkt haben, dass man sich manchmal so ein bisschen in die Quere kommt.* Als unterstützend nennen dagegen alle Studierenden die Vorbereitung durch die Unterrichtsvideos: *Ohne die Videos hätte man wahrscheinlich nicht so schnell eine Vorstellung davon gehabt, wie so eine Stunde aufgebaut werden muss. [...] Ohne die Videos wäre das viel, viel schwieriger gewesen.*

5. Fazit

Die gezielte Reflexion von Stolpersteinen im Lehrerhandeln hat sich als fruchtbare Ergänzung der chemiedidaktischen Lehrerbildung an der Universität Münster erwiesen. Dies belegen quantitative Analysen im Prä-Post-Design: die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden in Bezug auf den Umgang mit unerwarteten Situationen stiegen signifikant bei starkem Effekt; gleiches gilt für die Fähigkeit, Ursachen von

Stolpersteinen anhand von Videos zu identifizieren. Auffällig war zudem, dass die Unterrichtsplanungen der Studierenden durch die Antizipation möglicher Stolpersteine differenzierter wurden und im Vergleich zu früheren Planungen Alternativszenarien berücksichtigten.

Im Rahmen von Einzelinterviews im Anschluss an die Lehrveranstaltung betonten die Studierenden vor allem das Gefühl von Sicherheit, das sie durch die Auseinandersetzung mit Stolpersteinen im Lehrerhandeln gewonnen haben – auch im Hinblick auf das nachfolgende Praxissemester. Ein Studierender bringt es anschaulich auf den Punkt: *So haben wir sie [die Stolpersteine] auch in die Planung mit reingenommen. Was wir machen können, damit das gar nicht erst passiert. Oder wenn es dann passiert, dann ist man ja schon ein bisschen sicherer und steht nicht vorne und fängt an zu zittern: Oh Gott, was mach' ich jetzt?*

Das Projekt wurde im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

- Goeze, A., Hetfleisch, P., & Schrader, J. (2013). Wirkungen des Lernens mit Videofällen bei Lehrkräften. Welche Rolle spielen instruktionale Unterstützung, Personen- und Prozessmerkmale? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16, 79–113. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0352-x>
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–68). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_4
- Krammer, K., Hugener, I. & Biaggi, S. (2012). Unterrichtsvideos als Medium des beruflichen Lernens in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung – Formen und Erfahrungen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 30 (2), 261–272.
- Krofta, H. Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2012). Professionalisierung im Schülerlabor: Praxisseminare in der Lehrerbildung. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Beltz Juventa.
- Kultusministerkonferenz. (2008). *Ländergemeinsame Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_be-schluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Marohn, A. (2008a). „Choice²learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 57–83.
- Marohn, A. (2021). Umgang mit Vielfalt – das Unterrichtskonzept choice²learn. *MNU journal*, 74(1), 85–92.
- Marohn, A., Greefrath, G., Hammann, M., Hemmer, M., Kürten, R. & Windt, A. (2020). Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. Ein Planungs- und Reflexionsmodell. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-La-*

- boren. *Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung, Bd. 8, S. 17–31). Waxmann.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Rath, Y. & Marohn, A. (2020). Stolpersteine im Lehrerhandeln: Aufbau eines Handlungsrepertoires im Kontext Schülervorstellungen. Das chemiedidaktische Lehr-Lern-Labor C(LE)VER. In R. Kürten, G. Greefrath & M. Hammann (Hrsg.), *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren. Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung, Bd. 8, S. 79–104). Waxmann.
- Rohrbach-Lochner, F. & Marohn, A. (2018). How research-based learning can increase teacher students' knowledge and abilities: a design-based research project in the context of pupils' (mis)conceptions in science. *RISTAL. Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 1, 35–50.
- Santagata, R. & Guarino, J. (2011). Using video to teach future teachers to learn from teaching. *ZDM The International Journal on Mathematics Education*, 43 (1), 133–145. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0292-3>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Seidel, T. Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>

Zusatzmaterial: Unterrichtssituationen



Selbst entwickeln oder die Umsetzung reflektieren?

Ansätze zur Ausgestaltung von Lehr-Lern-Laboren im Vergleich

Sabrina Syskowski, Stefan Sorge, Karsten Rincke,

Tim Boshuis & Carina Wöhlke

In den letzten Jahren wurden verstärkt Lehr-Lern-Labore (LLL) als Format in der universitären Lehrkräftebildung zur Vernetzung von Theorie und Praxis diskutiert (z. B. Bosse et al., 2020). Die bisherige Forschung zur Wirkung von LLL beispielsweise zur Reflexionskompetenz oder zum akademischen Selbstkonzept deutet auf positive Effekte auf Seiten der Studierenden hin (z. B. Priemer & Roth, 2020). Die Diskussion um LLL zeigt jedoch auch, dass unter diesem Veranstaltungstyp unterschiedliche Konzepte subsummiert werden (Brüning et al., 2020). Das gemeinsame Ziel von fünf LLL sowie ihre individuellen Ausgestaltungen der Veranstaltung werden daher im Folgenden dargelegt. Durch diesen Überblick soll es Lehrenden möglich werden, vielfältige konkrete Anknüpfungspunkte bei der Gestaltung und Weiterentwicklung eigener LLL zu erhalten.

1. Die Konzeption von Lehr-Lern-Laboren

Definitionen von LLL beschreiben die Arbeit von Lehramtsstudierenden mit Lernenden an außerschulischen Lernorten als Kernpunkt (Brüning et al., 2020). Merkmale wie der Umfang, die Teilnehmendenzahl und die Komplexitätsreduktion von LLL spiegeln dabei deren Vielfalt und Individualität wider (Brüning et al., 2020). In LLL lassen sich zudem theoretische und praktische Bestandteile für Studierende unterscheiden, die spiralförmig im Lernprozess angeordnet sind (Rehfeldt et al., 2018). Bei den Bestandteilen handelt es sich um die Tätigkeiten des theoriegeleiteten Planens, der Umsetzung, der Reflexion, der Diagnose und der Optimierung von Lernsequenzen (Rehfeldt et al., 2018). Durch diese Verzahnung von theoretischen und praktischen Tätigkeiten soll es den Studierenden ermöglicht werden, ihr bisheriges Wissen auf konkrete Erfahrungen beziehen zu können. Dabei werden die praktischen Erfahrungen so in ihrer Komplexität reduziert, dass eine Bezugnahme auf theoretische Überlegungen erleichtert wird.

Die konkrete Ausgestaltung der Komplexitätsreduktion variiert dabei je nach Veranstaltungsziel. Reduktionen können durch verschiedene Unterstützungen im Planungsprozess entstehen. Teamteaching und geringe Betreuungsschlüssel sowie die oft umgesetzte Selbsttätigkeit der unterrichteten Lernendengruppe reduzieren die

Tab. 1: Komplexitätsreduktion der verschiedenen Standorte im Vergleich

Ort LLL-Merkmale	Regensburg	Karlsruhe + Heidelberg	Bochum	Kiel	Würzburg
Themenvorgabe	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Materialvorgabe	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Gruppengröße	6-8 Studierende	6-10 Studierende	2-4 Studierende	Partnerarbeit	Partnerarbeit
Fokus der Konzeption	Strukturie- rung gemäß Basismodell- theorie	Vorgegebene Lerneinheit	Inklusive Experiment- gestaltung	Adaption der Lerneinheit zur digitalen Umsetzung	Entwicklung einer kom- pletten Ex- perimentier- einheit
Dauer des LLL	2 h	3 h	4-5 h	4-6 h	4-5 h
Wiederholung der gleichen Einheiten	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
Gruppengröße der SuS	Klasse/ Kleingruppe	Klasse/ Kleingruppe	Klasse/ Kleingruppe	Kleingruppe	Kleingruppe
Selbstständiges Arbeiten der SuS	Planungs- abhängig	Ja	Ja	Ja	Ja

Komplexität weiter. Die konkrete Ausgestaltung der Komplexitätsreduktion in fünf verschiedenen LLL sind in Tabelle 1 dargestellt.

Viele LLL-Merkmale beeinflussen sich zudem gegenseitig und je nachdem, welches Ziel mehr präferiert wird, finden sich unterschiedliche Konzeptionen wieder. Als primäres Ziel sollten die Lern- bzw. Förderaktivitäten von Lernenden und die berufsbezogene Qualifizierung von Lehramtsstudierenden gesehen werden. Davon ausgehend wird vorwiegend ‚Forschendes Lernen‘ für beide Lerngruppen als didaktisches Konzept umgesetzt (Brüning et al., 2020). Forschendes Lernen seitens der Lehramtsstudierenden bedeutet in diesem Rahmen, dass praktische Erfahrungen gezielt auf Basis des bisherigen Kenntnisstands reflektiert werden. Hierbei kann der Schwerpunkt der Reflexion jedoch variieren. Liegt beispielsweise der Schwerpunkt bei der Planung, wird diese Vorbereitung im Seminarverlauf intensiv mit den Studierenden diskutiert. Der Fokus verschiebt sich auf den Durchführungsprozesses, wenn der Schwerpunkt für die Studierenden in der Praxiserfahrung liegt. Dieser kann sich in mehreren Umsetzungen widerspiegeln oder in einer tiefen Auseinandersetzung weniger Durchführungen. Der jeweilige Fokus bezüglich Reflexion der fünf LLL wird in Tabelle 2 dargestellt.

Im Folgenden werden die fünf unterschiedlichen LLL-Konzeptionen vorgestellt. Für jedes Labor wird beschrieben, wie die Komplexitätsreduktion und die damit verbundenen Unterstützungen bei der Planung und der Reflexion erfolgt.

Tab. 2: Fokus der Reflexion der verschiedenen Standorte im Vergleich

Ort	Regensburg	Karlsruhe + Heidelberg	Bochum	Kiel	Würzburg
Reflexionsaspekte					
Reflexionsgegenstand	Individuelle Festlegung durch die Studierenden	Qualitätsvoller Unterricht + individuelle Ergänzungen	Probleme bei der Konzeption nach Universal Design for Learning und Durchführung	Fachdidaktischer Fokus der Schülervertretungen	Probleme bei der Konzeption und Durchführung
Reflexionsschwerpunkt	Planung + Durchführung	Durchführung	Planung + Durchführung	Durchführung	Planung
Reflexionsaneignung	Vignetten	Übungen am Erlebten vor den Schulklassen besuchen	Keine	Diskussion von Aussagen Lernender	Erlernen eines Reflexionsschemas
Reflexionsschritte	Sehen, Abwägen der Wirkung auf die SuS, Rückbezug, Vergleich mit intendierten Wirkungen, Schlussfolgern für die nächste Umsetzung	Beobachten, Feedback verschiedener Blickwinkel, Vergleich dieser, Schlussfolgerungen für die nächste Umsetzung	Feedback durch SuS und Studierende, Reflexion im Seminar mit Schlussfolgerungen zur Verbesserung der Lernumgebung	Daten der SuS (Sprache, Vorgehen) Auswertung in Tandems und im Plenum	Beobachten, Ursachenfindung, Abwägung, Lösungsfindung, Umsetzung
Reflexionsmedium	Gespräch und Portfolio	Gespräch und Lerntagebuch	Gespräch und Hausarbeit	Gespräch und Portfolio	Gespräch und Logbuch

2. Vorstellung der Lehr-Lern-Labore

2.1 LLL in der Physik der Universität Regensburg

Planung, Durchführung und Nachbereitung

Das Wahlpflichtmodul ‚Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht im Lernforschungslabor‘ (4 SWS) intendiert einen gegenüber Schulpraktika strukturierteren Praxisbezug. Wesentlich sind angeleitete gemeinsame Planung von Unterricht und die Reflexion des Erlebten.

Der inhaltliche Gegenstand orientiert sich an Lehrplanpassung und den experimentellen Möglichkeiten. Für die Planung bildet die Basismodelltheorie des Lehrens und Lernens den instruktionstheoretischen Hintergrund, der die Phasenstruktur des Unterrichts vorgibt und aus dem sich Leitfragen für die ersten Planungsschritte ableiten lassen (z. B. Oser & Baeriswyl, 2001; Maurer, 2016). Die Seminarleitung richtet ihre Inputphasen an den Fragen aus, die sich in der Planungsphase ergeben: Wie sind Bilder wirkungsvoll zu gestalten? Was macht lesbare Texte aus? Die Planungsaufgabe führt damit zahlreiche Fäden zusammen, die von verschiedenen Lehrangeboten der Physikdidaktik ausgehen.

Im zweiten Teil des Semesters wechseln sich Durchführungen mit Schulklassen im LLL mit Sitzungen ab, in denen gemeinsam reflektiert und inkrementelle Veränderungen an der Planung vorgenommen werden.

Komplexitätsreduktion als Voraussetzung

Die Gruppen von sechs bis acht Studierenden planen während der ersten sechs Wochen einen 90-minütigen Unterricht. Die Studierenden entscheiden sich individuell für die Übernahme bestimmter Planungsaufgaben, für die sie die Hauptverantwortung auch in der Durchführung haben. Damit lastet auf der einzelnen Person anders als in Unterrichtsversuchen im Praktikum nicht die Aufgabe, alles zugleich leisten zu sollen.

Der Unterricht wird mehrfach mit wechselnden Klassen gehalten. Die Studierenden können sich mehrfach in der Ausführung ihres Unterrichtselements erleben. Während der Unterricht in Schulpraktika in der Regel wechselnde Themen und damit immer neue didaktische Rekonstruktionen von der angehenden Lehrkraft verlangt, wechseln im hier beschriebenen Format die Lernendengruppen bei gleichbleibendem Thema. Der organisatorische Rahmen reduziert die Komplexität, indem die individuellen Anforderungen beschränkt werden und indem sich die Studierenden wiederholt denselben Anforderungen stellen.

Reflexion: Fokus und Umsetzung

Die Planung schließt die Vorbereitung der Reflexion ein. Die Studierenden machen sich der mit ihrer eigenen Unterrichtsaufgabe verbundenen Intentionen bewusst.

Diese Intentionen können sehr individuell gelagert sein – etwa den eigenen Körperausdruck, die Qualität mündlicher Erklärungen oder die Lesbarkeit des Tafelbildes betreffend. Die Teilnehmenden setzen sich den Fokus der Reflexion selbst. Sie wird dadurch vorbereitet, dass anhand allgemein verfügbaren Videomaterials zunächst gemeinsam das deutungsfreie Beschreiben von Sichtstrukturen des Unterrichts geübt wird. Beschreibungen dieser Art werden im Anschluss an den realen Unterricht von der Gruppe zusammengetragen. Erst dann folgt ein gemeinsames Abwägen von Wirkungen dessen, was gesehen wurde, schließlich der Vergleich mit intendierten Wirkungen und im letzten Schritt die Frage, welche Schlussfolgerungen sich für den nächsten Unterricht ergeben können.

2.2 LLL in der Chemie der Pädagogischen Hochschulen Heidelberg und Karlsruhe

Planung, Durchführung und Nachbereitung

Das LLL an den Pädagogischen Hochschulen Heidelberg und Karlsruhe baut auf 14 semesterbegleitenden Terminen auf. Die ersten fünf Sitzungen bieten eine Auseinandersetzung mit der vorgegebenen Lernumgebung und den Aspekten Feedback, Beobachten und Reflexion (Buhren, 2015; Helmke, 2010; Syskowski et al., 2021).

Während der Schulklassenbesuche probieren sich die Studierenden in der Einführung, Begleitung des Experimentierens und Abschließens der Lernumgebung aus. Gleichzeitig wird dieser Ablauf von beobachtenden Studierenden begleitet. Nach jeder Durchführung findet ein Feedbackgespräch mit allen Beteiligten statt und zusätzlich halten die Studierenden im Lerntagebuch das Erlebte schriftlich fest. Anschließend werden die Rollen der Betreuenden und der Beobachtenden gewechselt. Nachdem die Studierenden beide Rollen eingenommen haben, finden Einzelgespräche zwischen Studierenden und Seminarleitung statt. In diesen Gesprächen wird über die bisherigen Erfahrungen gesprochen und es werden Ziele für die nächsten Termine festgehalten. Daraufhin folgen vier weitere Schulklassenbesuche. Die letzten zwei Sitzungen runden das Seminar durch eine Reflexion des Seminars und der eigenen Entwicklung der Studierenden ab.

Komplexitätsreduktion als Voraussetzung

In diesem LLL finden Planung, Umsetzung und Nachbereitung in Teams bzw. mit der ganzen Seminargruppe statt. Dies dient nicht nur zur Komplexitätsreduktion, sondern schafft auch den Anreiz, diese Methode im zukünftigen Beruf umzusetzen. Zusätzlich müssen die Studierenden die empirisch entwickelte Lernumgebung lediglich umsetzen (Syskowski et al., im Druck). Im Vergleich zur Schule wechseln hier die Lernendengruppen, aber nicht die Lehrereinheit. Unterstützenden Rückhalt bieten den Studierenden auch die Beobachtenden, die gegebenenfalls mitbetreuen können. Die Komplexität wird zusätzlich durch die bekannten Räumlichkeiten in der Hoch-

schule und teils abgenommene Organisation von Material durch die Seminarleitung reduziert.

Reflexion: Fokus und Umsetzung

Die Reflexion begleitet die Studierenden in Form eines fragengeleiteten Lerntagebuchs das ganze Semester. Diese Methode ermöglicht das Nachdenken und die Weiterentwicklung bezüglich der Selbstwahrnehmung und Reflexion der Studierenden. Themen im Lerntagebuch sind zu Anfang die eigenen Wahrnehmungen zur Gruppenarbeit, der Arbeit im Wiki und zu Feedback. Hier können erste Veränderungsziele festgehalten und nach weiterer Umsetzung reflektiert werden. Als Grundlage für die Reflexion im Tagebuch nach den Schulklassenbesuchen kommen verschiedene Formen des Feedbacks zum Einsatz: das mündliche Feedback in Gesprächen und das schriftliche Feedback von Lernendenfragebögen. Dadurch sollen die Studierenden den Mehrwert von Feedback als eine Möglichkeit, die eigenen ‚blinden Flecken‘ sichtbar zu machen, erleben und das Gelernte als Repertoire für den späteren Beruf mitnehmen (Buhren, 2015). Abschließend reflektieren sie das ganze Seminar in einem Gruppen- und Einzelgespräch sowie mittels des Tagebuchs, in dem sie eine Bilanz ihrer Ziele ziehen.

2.3 LLL in der Physik der Ruhr-Universität Bochum

Planung, Durchführung und Nachbereitung

Das Modul zum LLL ist in den ersten beiden Semestern des Master of Education angesiedelt. Im ersten Semester werden inklusive Lernumgebungen entwickelt. Dafür werden den Studierenden die Konzepte Inklusion und Universal Design for Learning (UDL, Wember & Melle, 2018) vorgestellt. Bestehende Experimente des Schülerlabors werden anschließend hinsichtlich des UDL von den Studierenden überarbeitet. Im zweiten Semester sammeln die Studierenden durch die Durchführung der Lernumgebung im Alfred-Krupp-Schülerlabor der RUB Erfahrungen mit dem Anleiten und Diagnostizieren, während Lernende experimentieren. Zusätzlich erfahren sie etwas über die Umsetzbarkeit der inklusiven Lernumgebungen. Das Diagnostizieren wird vor der Durchführung nach einer theoretischen Betrachtung der Diagnosekompetenz (von Aufschnaiter et al., 2015) an Schrift- und Videovignetten geübt. In der Durchführung haben die Studierenden einmal die Rolle einer anleitenden Lehrkraft und ein anderes Mal eine beobachtende Rolle inne, sodass immer zwei Studierende eine Experimentiergruppe betreuen. Abschließend werden alle Erfahrungen reflektiert.

Komplexitätsreduktion als Voraussetzung

Die notwendige Komplexitätsreduktion für die Praxiserfahrung erfolgt dadurch, dass die Studierenden einen Fokus auf die inklusive Gestaltung von Experimenten gemäß

UDL legen. Außerdem erfolgt die Planung und Entwicklung in Kleingruppen, sodass die Verantwortung nicht bei einer einzelnen Person liegt. Die Organisation des Aufenthalts der Lernenden im Schülerlabor liegt bei der Seminarleitung, sodass die Studierenden sich auf die Betreuung einer kleinen Experimentiergruppe konzentrieren können.

Reflexion: Fokus und Umsetzung

Die Reflexion von Praxiserfahrung ist zentral für den Lernprozess der Studierenden. Daher werden neben der Implementierung der gemäß UDL entwickelten Lernumgebungen auch die Erfahrungen während der Durchführung reflektiert. Bezüglich der Lernumgebungen wird die Fokussierung auf unterschiedliche Aspekte des UDL diskutiert und wenn nötig angepasst. Am Ende des zweiten Semesters reflektieren die Studierenden sowohl die Güte der Lernumgebung in Hinblick auf ihre inklusive Wirkung und Umsetzbarkeit als auch die Praxiserfahrung bezüglich des Anleitens und Diagnostizierens in drei Schritten: (1) Direkt im Anschluss an das Experimentieren holen sich die Studierenden Feedback von den Experimentiergruppen ein. (2) Das Feedback und die eigenen Beobachtungen reflektieren die beiden Studierenden, die eine Experimentiergruppe betreut haben. (3) Abschließend werden im Seminar alle Erfahrungen entlang Fragen zur Umsetzung der inklusiven Lernumgebung und zur Diagnose reflektiert. Dabei werden Verbesserungsvorschläge für die Lernumgebungen abgeleitet und Schwierigkeiten im Diagnostizieren benannt.

2.4 LLL in der Physik des IPN Kiel

Das LLL der Kieler Forschungswerkstatt hat als primäres Ziel, den Lehramtsstudierenden in Stationen existierender Schülerlabore weitere Praxiserfahrungen zu ermöglichen (Neumann et al., 2020). Dabei gab es zuletzt Bestrebungen, die Inhalte des energie:labor der Physik digital für Lernende zugänglich zu machen (Weßnigk et al., 2020). Diese Digitalisierung der Stationen ermöglicht, dass die angehenden Physiklehrkräfte Erfahrungen in der Gestaltung und Umsetzung digitaler Lerneinheiten sammeln.

Planung, Durchführung und Nachbereitung

Zu Beginn der Lehrveranstaltung machen sich die Studierenden mit den Lerneinheiten, die in der Lernplattform moodle integriert sind, vertraut und wählen selbstständig eine Station aus. Zudem erhalten die Studierenden einen Input zu Schülervorstellungen und Möglichkeiten digitaler Instruktionsstrategien, da diese beiden Aspekte zentrale Facetten des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften repräsentieren (Magnusson et al., 1999). Basierend auf diesem Input adaptieren die Studierenden die vorhandenen Stationen und geben sich gegenseitig nach einer Erprobung erstes Feedback. Anschließend werden die Stationen von Gruppen aus drei bis vier Ler-

nenden erprobt. Die Studierenden haben dadurch die Gelegenheiten, die Antworten der Lernenden zu analysieren und basierend auf dem Lernverlauf Schlussfolgerungen über deren Lernprozess abzuleiten.

Komplexitätsreduktion als Voraussetzung

Die Komplexität in der Planung der Unterrichtseinheiten konnte durch die Verwendung einer bereits konzipierten Lerneinheit reduziert werden. Statt der Entwicklung einer Lerneinheit müssen die Studierenden den Fokus auf die Adaption spezifischer Aspekte setzen.

Die Komplexitätsreduktion bei der Durchführung der Lerneinheit erfolgt dabei durch die Betreuung kleinerer Gruppen von Lernenden. Die Betreuung kleinerer Gruppen ermöglicht es, gezielt auf einzelne Lernende einzugehen und reduziert die Notwendigkeit, Maßnahmen der Klassenführung umzusetzen. Für die digitale Umsetzung besteht zusätzlich die Besonderheit, dass die Lernenden selbstständig an der Lerneinheit arbeiten und mit den Studierenden digital kommunizieren. Hier wird zugleich eine gesteigerte Komplexität für die Studierenden deutlich, da ein direktes Eingreifen nicht möglich ist und Schwierigkeiten antizipiert werden müssen.

Reflexion: Fokus und Umsetzung

Während die Unterstützung der Reflexion in der Durchführung im Schülerlabor durch den Einsatz eines Reflexionsprotokolls gestützt wird (Sorge et al., 2018), kann in der digitalen Durchführung auf die vorliegenden Daten der Lernenden genauer eingegangen werden. Da die Lernenden ihre Antworten in moodle hinterlegen, haben die Studierenden die Möglichkeit, gezielt auf die Sprache und das Vorgehen der Lernenden einzugehen. Diese Reflexion erfolgt sowohl in Tandems als auch im Abschlussplenum, so dass hier Lernendenvorstellungen für alle Studierenden herausgearbeitet werden können. Diese Auseinandersetzung soll es Studierenden erlauben, auch aus exemplarischen Praxiserfahrungen Konzepte für ihre spätere Unterrichtspraxis zu entwickeln.

2.5 LLL in der Chemie/Biologie der Universität Würzburg

Planung, Durchführung und Nachbereitung

Im LLL-Seminar der Biologie und Chemie der Universität Würzburg konzipieren Studierende kontextorientierte Experimentierstationen und führen diese mit Lernenden durch. Ziel des Seminars ist die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden mittels Unterrichtsreflexion. In der ersten Phase des Seminars recherchieren die Studierenden Kontexte für ihre Station, mit denen die lehrplanbezogenen Fachinhalte vermittelt werden. Im zweiten Abschnitt konzipieren sie Experimente im Labor und Unterrichtsmaterialien. Am Ende führen sie ihre Station zuerst mit Kommilitoninnen

und Kommilitonen und anschließend mit Lernenden einer zehnten Klasse durch. In einem abschließenden Gruppenfeedback reflektieren die Studierenden gemeinsam mit den Dozierenden.

Komplexitätsreduzierung als Voraussetzung

Sowohl die Konzeption als auch die Durchführung der Station absolvieren die Studierenden in Partnerarbeit. Dabei werden sie in der Planungsphase von den Dozierenden unterstützt. Da die Experimentierstationen lediglich 30 Minuten dauern, werden Motivations-, Erarbeitungs- und Sicherungsphasen im Vergleich zur Unterrichtsplanung kürzer gehalten. Außerdem können durch die gemeinsame Betreuung der Station fachdidaktische und pädagogische Maßnahmen zwischen den Studierenden aufgeteilt werden. Die kleine Gruppengröße von 3–4 Lernenden pro Station erleichtert die Betreuung ebenfalls.

Reflexion: Fokus und Umsetzung

Zu Beginn des Seminars werden die Studierenden in der Anwendung eines Reflexionsschemas geschult. Hierdurch können sie Probleme bei der Entwicklung und Durchführung ihrer Station analysieren und geeignete Handlungsoptionen entwickeln. Der Fokus der Reflexion liegt in der Konzeptionsphase vor allem auf der didaktischen Umsetzung des Kontexts und dem Erkenntnisgewinn durch das Experiment. Nach dem zweiten Seminartermin nimmt jede Zweiergruppe an einem individuellen Coaching teil. Hier werden die entwickelten Unterrichtsmaterialien und die Umsetzung des Experiments gemeinsam mit Expertinnen und Experten analysiert. Die daraus entwickelten Handlungsoptionen setzen die Studierenden am darauffolgenden Seminartermin um.

Vor der Durchführung mit den Lernenden wird die Durchführung der Station gemeinsam mit den Kommilitoninnen und Kommilitonen geprobt. Dabei reflektieren die Stationsbetreuenden, welche Probleme bei der Durchführung mit den Lernenden auftreten könnten. Durch die Reflexion der eingenommenen Lernendenrolle sind sie außerdem in der Lage, Fragen von Lernenden zu antizipieren und passende Handlungsoptionen für die Durchführung zu entwickeln.

Am Tag der Durchführung werden die Stationen mehrmals in Kleingruppen durchgeführt. Somit wird es den Studierenden erleichtert, Probleme während der Interaktion mit Lernenden systematisch zu reflektieren und Handlungsoptionen bei der nächsten Durchführung umzusetzen. Hierbei reflektieren sie vor allem Probleme des pädagogischen und fachdidaktischen Bereichs. Im abschließenden Seminartermin reflektieren die Teilnehmenden ihre Erfahrungen während der Durchführung mit den Lernenden gemeinsam im Plenum.

3. Fazit

LLL sind keine Schulpraktika und sollen diese auch nicht ersetzen. Stattdessen zeigen die hier vorgestellten Beispiele aus fünf unterschiedlichen LLL, welche Potenziale dieser Veranstaltungstypus insbesondere im Vergleich zu Schulpraktika besitzt. So können durch eine gezielte Komplexitätsreduktion in Form von einem geringeren Umfang bei der Planung oder gegenseitige Unterstützung bei der Durchführung neue Wege im Unterrichten durch die Studierenden erschlossen werden. Zusätzlich erlaubt die Komplexitätsreduktion den Studierenden, gezielt ihre Erfahrungen bei der Planung und Durchführung unterstützt durch Expertenfeedbacks oder Trainings zu reflektieren, um somit Folgerungen für die spätere berufliche Tätigkeit abzuleiten. Die Komplexitätsreduktion wie auch die Unterstützung bei der Reflexion können dabei auf die spezifischen Ziele der Lehrveranstaltungen und damit auch an den Lernstand der Studierenden angepasst werden. Für Studierende zu Beginn des Studiums kann zum Beispiel gezielt auf die Durchführung vorgefertigter Experimentiergelegenheiten fokussiert werden, während fortgeschrittene Studierende selbstständig solche Lerngelegenheiten unter einem fachdidaktischen Fokus entwickeln und erproben. Somit wäre auch denkbar, dass LLL mehrfach im Studium angeboten werden können (Smoor & Komorek, 2020). Die Flexibilität des Veranstaltungstypus erlaubt es, neue Erfahrungen für Studierende zu schaffen und damit das Angebot aus klassischen Vorlesungen und intensiven Schulpraktika gezielt zu erweitern.

Literatur

- Aufschnaiter, C. von, Cappell, J., Dübbele, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R., & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61 (5), 738–758.
- Bosse, D., Meier, M., Trefzger, T., & Ziepprecht, K. (Hrsg.) (2020). *Lehrerbildung auf dem Prüfstand: 1–2020. Professionalisierung durch Lehr-Lern-Labore in der Lehrerbildung*. Verlag Empirische Pädagogik.
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 13–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2
- Buhren, C. G. (2015). *Handbuch Feedback in der Schule*. Beltz Verlag.
- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (S. 95–132). Kluwer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos Verlag.

- Neumann, I., Sorge, S., Neumann, K., Parchmann, I., & Schwanewedel, K. (2020). Die Kieler Forschungswerkstatt – Ein Lehr-Lern-Labor mit Fokus auf aktuelle Forschungsthemen. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 85–97). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_6
- Oser, F., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. *Handbook of Research on Teaching* (Vol. 46), 1031–1065. Macmillan.
- Priemer, B., & Roth, J. (Hrsg.) (2020). *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7>
- Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Lücke, M., Sambanis, M., & Nordmeier, V., (2018). Mythos Praxis um jeden Preis? Die Wurzeln und Modellierung des Lehr-Lern-Labors. *die hochschullehre*, 4, 90–114.
- Smoor, S., & Komorek, M. (2020). Zyklisches Forschendes Lernen im Oldenburger Studienmodul ‚Physikdidaktische Forschung für die Praxis‘. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*, 264–281. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_17
- Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I., & Schwanewedel, S. (2018). Was ist denn da passiert? Ein Protokollbogen zur Reflexion von Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor. *MNU Journal*, 71(6), 420–426.
- Syskowski, S., Kunina-Habenicht, O., Ducci, M., & Wagner, I. (2021). *Lehr-Lern-Labor ‚makeScience!‘* Verfügbar unter <https://www.lernortlabor.de/ueber-schuelerlabore/oer>
- Syskowski, S., Kunina-Habenicht, O., Ducci, M., & Wagner, I. (im Druck). Lehr-Lern-Labor ‚makeScience!‘ und das Interesse von Schüler*innen: Untersuchungen zur Lernumgebung ‚Donator-Akzeptor-Reaktionen – platziert in Bubble Tea-Bällchen‘. *CHEMKON*.
- Wember, F. B., & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. *Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, 57–72.
- Weßnigk, S., Neumann, K., & Kerres, M. (2020). Energie unterrichten über eine digitale Lehr-Lernplattform. *Unterricht Physik*, 179, 31–36.

Teil III

Medien gewinnbringend einsetzen und entwickeln

SageModeler: eine digitale Lernumgebung zur Förderung von Modellierungskompetenz

Tom Bielik & Moritz Krell

Der iterative und zyklische Prozess der Entwicklung und Anwendung von Modellen wird als naturwissenschaftliche Modellierung bezeichnet. Dieser Prozess zielt darauf ab, Phänomene zu untersuchen, zu erklären und vorherzusagen (Giere et al., 2006). Da Modellierung eine zentrale Vorgehensweise der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist, ist sie ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens. Der Erwerb von Modellierungskompetenz ist ein wichtiges Ziel für Schülerinnen und Schüler sowie Studierende der Naturwissenschaften (Upmeyer zu Belzen et al., 2019) – was in Standarddokumenten und Lehrplänen vieler Länder betont wird (z. B. KMK, 2020; NGSS Lead States, 2013).

Modellierungskompetenz wird definiert als das Wissen, die Fähigkeiten, Fertigkeiten und motivationalen Dispositionen, die notwendig sind, um Prozesse der Entwicklung und Anwendung von Modellen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung umzusetzen (Upmeyer zu Belzen et al., 2019). In den deutschen Bildungsstandards im Fach Biologie (KMK, 2005, 2020) wird betont, dass „gerade das Modellieren bzw. kritische Reflektieren des Modells bedeutsamer Teil der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2005, S. 11) ist. Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe II „planen und führen hypothesengeleitete [...] Modellierungen durch und protokollieren sie“ (E4), „berücksichtigen bei der Planung von [...] Modellierungen das jeweilige Variablengefüge“ (E5) und „diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen“ (E12) (KMK, 2020). Folglich ist die Entwicklung von Modellierungskompetenz auch ein Ziel der Lehrkräftebildung in den naturwissenschaftlichen Fächern. Von angehenden Lehrkräften naturwissenschaftlicher Fächer wird am Ende ihres Studiums erwartet, dass sie mit den Untersuchungs- und Arbeitsmethoden ihrer Unterrichtsfächer vertraut sind. Beispielsweise wird für angehende Biologielehrkräfte explizit Wissen über Modellieren gefordert (KMK, 2019).

In diesem Beitrag wird die digitale Lernumgebung *SageModeler* vorgestellt. *SageModeler* kann in der Lehrkräftebildung eingesetzt werden, um die Modellierungskompetenz von angehenden Lehrkräften zu fördern, indem Modellierungsprozesse umgesetzt und reflektiert werden. *SageModeler* kann ebenso als Lernumgebung eingeführt werden, mit deren Hilfe Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Modellierungen im Unterricht umsetzen können. Aktuelle empirische Studien haben gezeigt, dass die Arbeit mit *SageModeler* das Interesse und Engagement von Lernenden, ihre Modellierungskompetenz, ihr konzeptuelles Wissen und die Kohärenz

ihrer evidenzbasierten Erklärungen fördern kann (Bielik et al., 2019b; 2020; Nguyen & Santagata, 2020). Lernende benötigten jedoch eine schrittweise Einführung in die vielfältigen Funktionen von SageModeler (Bielik et al., 2019a).

1. Die Lernumgebung *SageModeler*

SageModeler ist ein kostenloses, webbasiertes Open-Source-Tool, das entwickelt wurde, um Lernenden – beginnend mit Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe – die digitale Entwicklung, Anwendung und Überprüfung von Modellen zu ermöglichen (Damelin et al., 2017). SageModeler ist online verfügbar unter <https://sagemodeler.concord.org/app> (neben der englischen Originalversion steht auch eine deutsche Übersetzung zur Verfügung). Die Lernumgebung erlaubt die Modellierung von Zusammenhängen zwischen Variablen in Form von Diagrammen mittels einfacher Drag-and-Drop-Bedienung und ermöglicht die Berechnung und Visualisierung von Modell-Outputs (Abb. 1). Online stehen mehrere bereits konstruierte Modelle zur Verfügung, mit denen Lernende arbeiten können (z. B. Modelle von Virusepidemien, Räuber-Beute-Beziehungen, Dynamik von Aktivierungsenergie). Ebenfalls online zugänglich – allerdings in englischer Sprache – sind Lerneinheiten zu unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kontexten (z. B. *How is CO₂ affecting our oceans and the organisms that live there?*) sowie Einführungen in SageModeler (<https://learn.concord.org/building-models>). Entwickelte Modelle können lokal auf der Festplatte gespeichert oder als Weblink geteilt, und zu einem späteren Zeitpunkt erneut aufgerufen und weiterentwickelt werden.

Die Entwicklung eines eigenen Modells beginnt in SageModeler damit, dass Lernende Bilder, die Komponenten darstellen, auf den leeren Bildschirm ziehen und dann die Komponenten mit Pfeilen verknüpfen, um deren Beziehungen zu definieren (Abb. 1, links oben). Damit aus dem dergestalt entwickelten Diagramm ein dynamisches Modell wird, wird jede Komponente als eine Variable behandelt, die von SageModeler berechnet werden kann.

Der nächste Schritt für die Lernenden besteht darin, jede Beziehung (d. h. jeden Pfeil) im Modell so zu definieren, dass die Auswirkung einer Variablen auf alle Variablen, mit denen sie verknüpft ist, berechnet werden kann. Hierzu wird ein semiquantitativer Ansatz genutzt, um keine Kodierung oder das Schreiben von Gleichungen erforderlich zu machen. Die Variablenwerte werden mit Hilfe einer Skala („niedrig“ bis „hoch“) definiert und die Lernenden wählen für die Beziehung zwischen Variablen eine der vorgegebenen verbalen Beschreibungen aus oder definieren diese selbst (Abb. 1, rechts oben). Die verbale Definition von Beziehungen hilft Lernenden, Hindernisse zu überwinden, die typischerweise mit einer mathematischen Bestimmung von Variablenbeziehungen verbunden sind, und ermöglicht es ihnen, sich auf ein konzeptuelles Verständnis der Beziehungen zwischen Variablen zu konzentrieren. (Eine mathematische Bestimmung von Variablenbeziehungen ist in SageModeler nicht möglich.) Um das Modell „laufen zu lassen“, werden Schieberegler verwendet, um eine unabhängige Variable durch einen Wertebereich zu bewegen. Die Lernenden



Abb. 1: Ein Modell der Enzymaktivität, das mit SageModeler entwickelt wurde. Links oben: Definiertes Modell mit vier Variablen (Kästen) und deren Beziehungen (Pfeile); rechts oben: Definitionsbox für Beziehungen; links unten: Tabelle des Modell-Outputs; rechts unten: Graphische Darstellung des Modell-Outputs.

können Modell-Outputs mit gesammelten („Real-“)Daten vergleichen (Abb. 1, links und rechts unten) und die Ergebnisse verwenden, um den iterativen Zyklus aus Entwicklung, Anwendung und Überprüfung ihrer Modelle zu durchlaufen.

2. Fazit

Computergestützte Modellierungstools, die in digitale Lernumgebungen integriert sind, wie zum Beispiel SageModeler, haben das Potenzial, Lernende bei der Entwicklung ihrer Modellierungskompetenz zu unterstützen und konzeptuelles naturwissenschaftliches Wissen zu fördern. Die Arbeit mit SageModeler erfordert jedoch eine angemessene Unterstützung durch die Lehrkraft und wiederholtes Üben der Lernenden im Umgang mit dem Tool.

Literatur

- Bielik, T., Damelin, D. & Krajcik, J. S. (2019a). Shifting the balance: Engaging students in using a modeling tool to learn about ocean acidification. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15, 1–17. <https://doi.org/10.29333/ejmste/99512>
- Bielik, T., Fonio, E., Feinerman, O., Duncan, R. G., & Levy, S. T. (2020). Working together: integrating computational modeling approaches to investigate complex phenomena. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09869-x>
- Bielik T., Stephens L., Damelin D., & Krajcik J. (2019b). Designing technology rich environments to support student modeling practice. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Hrsg.), *Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 275–290). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_16
- Damelin D., Krajcik J., McIntyre C., & Bielik T. (2017). Students making systems models. *Science Scope*, 40, 78–82. https://doi.org/10.2505/4/ss17_040_05_78
- Giere, R., Bickle, J., & Mauldin, R. (2006). *Understanding scientific reasoning*. Thomson Learning.
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der BRD] (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Wolters Kluwer.
- KMK (Hrsg.) (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- KMK (Hrsg.). (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Wolters Kluwer.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards*. The National Academies Press.
- Nguyen, H., & Santagata, R. (2020). Impact of computer modeling on learning and teaching systems thinking. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09900-1>
- Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D., & van Driel, J. H. (Hrsg.). (2019). *Towards a competence-based view on models and modeling in science education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9>

Social-Media-Diskurskarten zur Förderung der Argumentations- und Diskursfähigkeit in naturwissenschaftlichen Kontexten nutzen

Alexander Bergmann, Anna Beniermann & Alexander Büssing

Lehrkräfte sollen Schülerinnen und Schüler darin fördern, sich zu naturwissenschaftlichen Themen mit gesellschaftlicher Relevanz (engl. ‚Socio-Scientific Issues‘) ein fachlich und ethisch fundiertes Urteil bilden zu können, um verantwortungsbewusst an öffentlichen Diskursen teilzunehmen (KMK, 2020). Teile dieser Diskurse haben sich in den vergangenen Jahren in digitale Räume wie soziale Medien verlagert. Das fordert (angehende) Lehrkräfte heraus: Sie müssen sich im Umgang mit sozialen Medien professionalisieren und diese in die Planung und Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts konsequent einbeziehen (Beniermann et al., im Druck). Im vorliegenden Beitrag werden Social-Media-Diskurskarten (im Folgenden Diskurskarten) als Möglichkeit zur Unterstützung dieses Professionalisierungsprozesses vorgestellt. Diskurskarten fassen relevante Teile von Diskursen in sozialen Medien, beispielsweise zu einem naturwissenschaftlichen Thema, zusammen. Ihre Konstruktion wird anhand einer Diskurskarte zum Klimawandel beschrieben und es werden Einsatzmöglichkeiten für die Ausbildung von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern erläutert.

1. Diskurse in sozialen Medien

Ein Diskurs wird als ein öffentlich geführter, gesellschaftlicher Aushandlungsprozess zu einem bestimmten Thema verstanden (Schmidt & Taddicken, 2017). Äußerungen in sozialen Medien können dabei als Teile eines Diskurses zu einem spezifischen Thema beschrieben werden. *Soziale Medien* stellen generell einen Mischbegriff für verschiedene Plattformen dar, deren gemeinsame Eigenschaften die Erstellung individueller Profile, die Verbindung mit anderen Nutzenden und die eigenständige Verbreitung von Inhalten sind (Carr & Hayes, 2015). In den Äußerungen der Nutzenden werden deren Perspektiven auf die fachlichen, ethischen und sozialen Dimensionen der jeweiligen Themen in vielen Fällen direkt sichtbar, auch wenn diese den Schreibenden nicht immer bewusst sind. Zur Systematisierung und Bewusstmachung der vielfältigen Perspektiven innerhalb eines Diskurses können Diskurskarten eingesetzt werden.

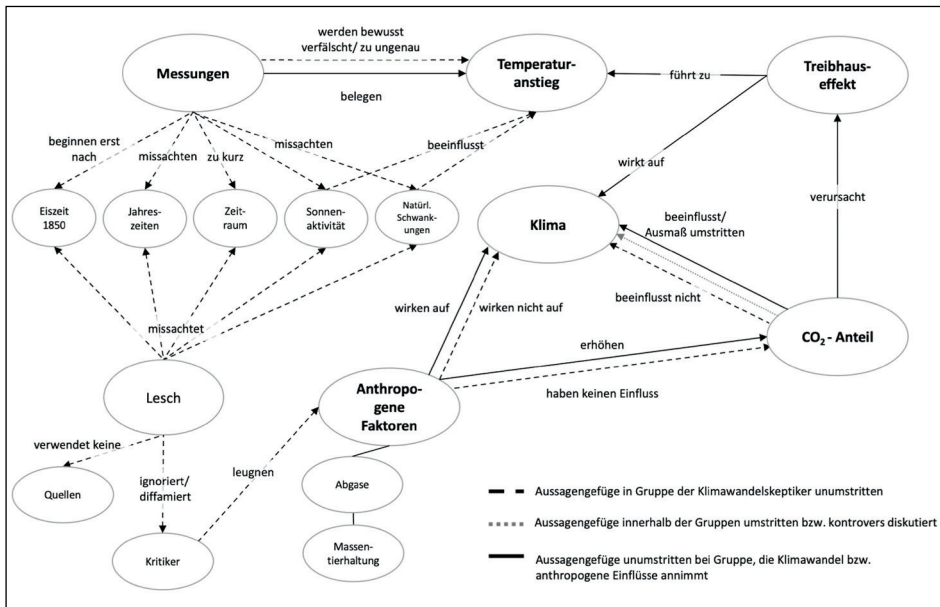


Abb. 1: Ausschnitt aus einer Social-Media-Diskurskarte zum Klimawandel (Karte basierend auf Kommentaren zum YouTube-Video „Missverständnisse zum Klimawandel aufgeklärt“, vgl. Büssing et al., im Druck).

2. Diskurskarten systematisieren relevante Teile des Diskurses in sozialen Medien

Diskurskarten systematisieren Elemente von Diskursen in sozialen Medien (beispielsweise Beiträge, Kommentare und Threads). Sie verdeutlichen Aspekte von themenspezifischen Vorstellungen, Einstellungen, Positionen und Argumenten der am Diskurs teilnehmenden Personen. Sie eignen sich deswegen als Ausgangspunkt für die Professionalisierung von Lehrkräften im Umgang mit Diskussionen und Argumentationen, die in den sozialen Medien zu naturwissenschaftlichen Themen stattfinden. Die Konstruktion von Diskurskarten orientiert sich an den Schritten der Qualitativen Inhaltsanalyse, wie sie beispielsweise Kuckartz (2018) vorschlägt. Das Vorgehen kann jedoch deutlich vereinfacht werden, sodass Diskurskarten auch in Lehrveranstaltungen ohne vorheriges Training konstruiert und genutzt werden können. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer Diskurskarte zum Klimawandel. Im Folgenden werden zwei beispielhafte Anwendungen von Diskurskarten in der Lehre an Hochschulen beschrieben.

3. Einsatzmöglichkeiten von Diskurskarten in Lehrveranstaltungen

Diskurskarten können im Rahmen von naturwissenschaftsdidaktischen Lehrveranstaltungen gemeinsam konstruiert und vielseitig eingesetzt werden. Die in diesem Beitrag vorgestellten Möglichkeiten setzen eine vorhandene Diskurskarte voraus. Im Zusatzmaterial¹ wird eine Schrittfolge zur Erstellung von Diskurskarten in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen beschrieben und auf die vollständige Diskurskarte zum hier dargestellten Beispiel verlinkt. Derzeit wird ein digitales Inventar vorbereitet, in dem Diskurskarten zu verschiedenen Themen (beispielsweise Klimawandel und Corona-Pandemie) sowie die zugehörigen Kommentare für Lehrzwecke zur Verfügung gestellt werden.

3.1 Den themenspezifischen Diskurs systematisch erschließen

Diskurskarten können genutzt werden, um Teilbereiche eines Diskurses in Seminar-kontexten gemeinsam systematisch zu erkunden. Dafür werden bestimmte Positionen oder Argumente ausgewählt und zum Gegenstand weiterführender Recherchen gemacht (beispielsweise in Blogs, Online-Zeitschriften, wissenschaftlichen Quellen). Ebenso können bestimmte Ausschnitte der Karte gemeinsam diskutiert und Argumente auf ihre fachliche Angemessenheit bzw. ihre Begründungsstruktur hin analysiert werden (Gresch & Schwanewedel, 2019). Hier bietet sich auch ein Rückbezug auf die Originalkommentare an. Die Auswahl der zu untersuchenden Positionen und Argumente kann durch die Lehrperson vorgegeben werden, oder sich an den Interessen und dem Vorwissen der Teilnehmenden orientieren. Die systematische Auseinandersetzung mit den kartierten Diskurselementen kann auch dazu beitragen, die eigene Position zu einem Thema zu explizieren und im Seminarkontext die Moderation von themenspezifischen Diskussionen zu erproben. Dies unterstützt die Studierenden dabei, Unsicherheiten in Bezug auf die eigene Position sowie ihre Rolle während diskursiver Unterrichtsphasen abzubauen (Steffen, 2015).

3.2 Die Bedeutung sozialer Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht reflektieren

Soziale Medien können für Schülerinnen und Schüler einen informellen Lernort darstellen. Sie nutzen soziale Medien täglich und informieren sich unter anderem über Themen wie den Klimawandel (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2019). Durch die Möglichkeit, eigene Inhalte zu verbreiten, entfallen in sozialen Medien die Kontrollmechanismen klassischer Medien, wie beispielsweise der redaktionelle Prozess in Zeitungen. Deshalb können Diskurse in sozialen Medien durch Phänome-

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

ne wie Filterblasen, Echokammern und bewusste Falschinformation geprägt sein (vgl. Höttecke & Allchin, 2020). Dies stellt auch neue Anforderungen an Lehrkräfte, auf die sie im Rahmen ihres Studiums vorbereitet werden müssen. Diskurskarten können die Komplexität der Diskurse reduzieren und als Ausgangspunkt für eine explizite Reflexion der Darstellung der Naturwissenschaften, naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses in sozialen Medien genutzt werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Es bedarf innovativer Konzepte zur Einbeziehung sozialer Medien in den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Lehrkräfteausbildung. Die hier beschriebenen Szenarien stellen eine Möglichkeit dar, die Kompetenzentwicklung von angehenden Lehrkräften im Umgang mit kontroversen Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu unterstützen. Aktuell werden verschiedene Diskurse zu naturwissenschaftlichen Themen in sozialen Medien analysiert und schrittweise weitere Einsatzszenarien für die Diskurskarten in der Lehramtsausbildung und auch im naturwissenschaftlichen Schulunterricht erkundet.

Literatur

- Beniermann, A., Bergmann, A., & Büssing, A. (im Druck). Ein Like für die Fachdidaktik? Potentiale und Grenzen sozialer Medien für Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte am Beispiel Twitter. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez, & C. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende*. Springer Fachmedien.
- Büßing, A., Pril, S., Bergmann, A., Beniermann, A. & Kremer, K. (im Druck). Inhaltlicher Diskurs oder Shitstorm? Analyse fachlicher Bezüge in Kommentaren eines YouTube-Videos zum Klimawandel. In A. Bush & J. Birke (Hrsg.), *Nachhaltigkeit und Social Media. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in der digitalen Welt*. Springer VS.
- Carr, C. T., & Hayes, R. A. (2015). Social Media: Defining, Developing, and Divining. *Atlantic Journal of Communication*, 23(1), 46–65. <https://doi.org/10.1080/15456870.2015.972282>
- Gresch, H., & Schwanewedel, J. (2019). Argumentieren als naturwissenschaftliche Praktik. In Groß, J., Hammann, M., Schmiemann, P., & Zabel, J. (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 167–185). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_10
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Re-conceptualizing Nature-of-Science Education in the Age of Social Media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 4., überarbeitete Auflage). Beltz.
- Schmidt, J. H., & Taddicken, M. (2017). *Handbuch Soziale Medien*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03765-9>
- KMK (2020): *Bildungsstandards im Fach Biologie für die allgemeine Hochschulreife*. Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Beschluss vom 18.06.2020.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2019). *JIM-Studie 2019: Jugend, Information, Medien*. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.

Steffen, B. (2015). *Negiertes Bewältigen: Eine Grounded-Theory-Studie zur Diagnose von Bewertungskompetenz durch Biologielehrkräfte*. Berlin: Logos Verlag.

Zusatzmaterial: Diskurskarten



Professionsverantwortung in der Klimakrise: Klimawandel unterrichten

Befähigung Lehramtsstudierender zur Klimabildung als
wichtiger Beitrag zum Erreichen der SDGs

Andrea Möller, Johanna Kranz, Agnes Pürstinger & Veronika Winter

„Ich finde es total schade, dass wir so wenig Zeit im Studium für das Thema Klimawandel übrig haben, obwohl es so aktuell und wichtig ist. ... Weil wir müssen ja wissen, wie wir die Materie an die Schüler bringen können, und was sind da sinnvolle Methoden. Es ist ja nicht einfach irgendein Thema.“

So beschreibt Lehramtsstudentin Marlene (20 J., 5. Sem.) das oft auftretende Problem zwischen einer Notwendigkeit für Klimabildung und der erfahrenen Realität im Lehramtsstudium in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern (Möller et al., 2020). Angesichts der Tatsache, dass der Klimawandel eine, wenn nicht die zentrale Herausforderung unserer Epoche darstellt, und aktuell sowohl die Einhaltung des Pariser 1,5-Grad-Ziels (WMO, 2020) als auch das Erreichen der UN-Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs; UN, 2019) gefährdet sind, soll das hier vorgestellte Lehrveranstaltungskonzept Möglichkeiten für die Einbettung in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung an der Hochschule bieten. Dies gewinnt umso mehr vor dem Hintergrund an Bedeutung, als dass Otto et al. (2020) Klimabildung als relevantes sozioökonomisches Kippelement (‘Social Tipping Element’) identifiziert haben, das gemeinsam mit anderen ‘Social Tipping Interventions’ gezielt dazu beitragen kann, eine sozioökonomische Transformation zu einer klimaneutralen Gesellschaft noch erreichen zu können. In diesem Sinne nehmen Lehrkräfte auch in der ‘Agenda 2030’ geforderten ‘Transformation unserer Welt’ (UN, 2015) eine essentielle Multiplikator/innen-Rolle ein und sollten daher in der Lage sein, an der Schule fundiert Professionsverantwortung übernehmen zu können. Gleichzeitig zeigen Studien, dass sowohl Lehramtsstudierende als auch Lehrkräfte oft ähnlich rudimentäre oder fehlerhafte Vorstellungen von Schlüsselkonzepten des Themas Klimawandel haben und wie ihre Schülerinnen und Schüler beispielsweise Wetter und Klima verwechseln (z.B. Lambert & Bleicher, 2013). Zusätzlich gibt es weitere Herausforderungen für den Unterricht: die Komplexität dieses interdisziplinären Themas, mit einem hohen wissenschaftlichen Grad und vielschichtigen Wirkungszusammenhängen, erschwert das Verstehen. Darüber hinaus sind Skepsis am anthropogen verursachten Klimawandel und Verschwörungsmythen omnipräsent, was nicht zuletzt dazu führt, dass Menschen über zugrunde liegende wissenschaftliche Fakten fehlinformiert sind.

Auch psychologische Komponenten des Themas, wie z.B. ‚Klima-Ohnmacht‘, ‚Zukunftsanxiety‘, ‚Psychologische Distanzierung‘ und ‚Knowledge-Behaviour-Gap‘, sind beim Unterrichten zu beachten und konkret zu adressieren (Uhl et al., 2018). Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer Vermittlung professioneller Kompetenzen für die Klimabildung an Schulen im Rahmen der universitären Lehramtsausbildung, aber auch in der Lehrkräftefortbildung. In diesem Beitrag stellen wir ein entsprechendes Lehrveranstaltungskonzept vor, mit dem wir diese komplexen und ineinandergreifenden Herausforderungen beim Unterrichten des Klimawandels adressieren.

1. Herausforderungen beim Unterrichten des Klimawandels

1.1 Fachwissenschaftliche Herausforderungen

Das Verständnis darüber, wie Menschen das Klima beeinflussen und wie das Klima wiederum Menschen beeinflusst, ist ein zentraler Bestandteil von ‚Climate Literacy‘ (Wise 2010). Diesem Ansatz gerecht zu werden ist keine einfache Aufgabe, da Klimasysteme und die menschlichen Einflüsse hierauf derart komplex sind, dass das fachlich korrekte Unterrichten und der Aufbau von fachlichem Verständnis bei Lernenden anspruchsvoll ist. (Oelgeklaus, 2012).

Die anthropogen verursachten Faktoren der Erderwärmung beinhalten eine Vielzahl von vernetzten Variablen, die sich von lokaler bis globaler Ebene wechselseitig beeinflussen. Die oftmals unumkehrbaren Systemprozesse laufen nicht linear ab, sondern können nach überschreiten eines Schwellenwertes (engl. Tipping-Point), Rückkopplungen in Gang setzen, Änderungen in anderen Klimasubsystemen der Erde hervorrufen und damit Kaskadeneffekte auslösen (Lenton et al., 2019). Die Komplexität dieser Systeme ist für Lernende oft schwer nachvollziehbar, da es sich einerseits um anspruchsvolles interdisziplinäres Fachwissen handelt, andererseits im Alltag der Umgang mit linearen Ursache-Wirkung-Zusammenhängen überwiegt. Darüber hinaus laufen Ursache und Wirkung des Klimawandels oftmals räumlich sowie zeitlich voneinander versetzt und damit auf verschiedenen Skalen ab (Horn & Bergthaller, 2020). Eine einzelne deutsche Autofahrerin kann z.B. nicht für Taifune auf den Philippinen des Folgejahres verantwortlich gemacht werden, während die Emissionen des Individualverkehrs aller EU-Länder über 30 Jahre jedoch einen enormen Einflussfaktor auf den Klimawandel darstellen. Hier prallen Größenordnungen in einem sogenannten ‚Clash of Scales‘ aufeinander. Räumliche und zeitliche Skalen-Sprünge dieser Art übersteigen die bisherigen Versuche von Darstellungen menschlicher Handlungs- und Wirkmacht, Verantwortlichkeit, Koordination sowie von Technikfolgen- und Risikoabschätzung (Horn & Bergthaller, 2020). Diese sind jedoch essentiell, um Ursachen und Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels zu verstehen. Als weitere Herausforderung für den Klimawandel-Unterricht sind zudem Prozesse zu benennen, die als ‚Slow Violence‘ beschrieben werden. Es handelt sich hierbei um latent voranschreitende Formen der ökologischen Zerstörung als Folgeerscheinung des Klimawandels, die weder einfach abbildbar noch epistemisch

leicht zu fassen sind. (Horn & Bergthaller, 2020). Die oben genannten Dynamiken der globalen Klimakrise sind ein Novum der letzten Jahrzehnte und bedürfen daher neuer Vermittlungskonzepte für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

1.2 Fachdidaktische Herausforderungen

Bei der Planung des Unterrichts ist zu beachten, dass der anthropogene Klimawandel zwar primär ein physikalisches Phänomen darstellt, dass Folgen und hieran orientierte Lösungsansätze jedoch auf biologischer, soziologischer und politischer Ebene zu lokalisieren sind. Eine disziplinspezifische Betrachtungsweise im Unterricht führt zwar gegebenenfalls zu einer Reduktion der Informationsfülle, hätte aber auch eine Verkürzung des Diskurses zur Folge, was dem holistischen Charakter der Thematik und der expliziten Schulung von Kommunikationskompetenz sowie ethische- und gesellschaftskritische Bewertungskompetenz (Eilks et al., 2011) entgegensteht. Der gegebenen Interdisziplinarität des Themas Rechnung tragend, bietet ein mehrperspektivischer Ansatz hingegen die Möglichkeit, neben physikalischem und biologischem Fachwissen, auch Fragen der sozialen Gerechtigkeit oder politische Lösungen, wie CO₂-Abgaben zu diskutieren. Dementsprechend wird in diesem Zusammenhang eine fächerübergreifende Betrachtung des Themas Klimawandel als didaktisches Potential zur Förderung von ‚Climate Literacy‘ verstanden (Oelgeklaus, 2012; Wise, 2010). Nicht zuletzt kann dadurch den Lernenden auch verdeutlicht werden, dass die Praxis des wissenschaftlichen Arbeitens disziplinübergreifend vergleichbar ist, wodurch multiperspektivisch gelernt werden kann wissenschaftliche Beweise von Meinungen zu unterscheiden.

Eine weitere fachdidaktische Herausforderung liegt in den Lernenden begründet. Die weltweiten Schulstreiks für Klimaschutz zeigen, dass die Bereitschaft von Schülerinnen und Schülern gestiegen ist, sich für Umwelt- und Klimathemen einzusetzen (Corner et al., 2015). In Deutschland sehen 80% von ihnen das Leitbild der Nachhaltigkeit als Zukunftsperspektive (Michelsen et al., 2016). Das hiermit verbundene Interesse an Umwelt- und Klimathemen können Lehrkräfte nutzen, um notwendige Klimakompetenzen gemäß des Bildungsauftrages zu fördern. Dennoch sind fehlerhafte Präkonzepte zur Thematik, die Lernhürden darstellen können, weit verbreitet. Hierzu zählen z. B. die Verwechslung von Klima und Wetter oder die Annahme, dass Luftverschmutzung oder das Ozonloch Auslöser der Erderwärmung sind. Lernende unterscheiden nicht zwischen Treibhauseffekt und Klimawandel und verstehen nicht, dass die Auswirkungen des Klimawandels je nach Region unterschiedlich ausfallen können. Sie glauben, dass der Klimawandel nicht aufgehalten werden kann oder überschätzen den Einfluss bestimmter Maßnahmen (Verzicht auf Plastiktüten o.ä.) auf den Klima- und Naturschutz. Darüber hinaus werden Lösungsansätze zur Bewältigung der Klimakrise oder Klimafolgen von Lernenden selten mit dem eigenen Lebensalltag in Verbindung gebracht (Übersicht bei Shepardson et al., 2011).

Erschwerend kommt hinzu, dass in Lehrwerken nicht nur selten Rücksicht auf diese Präkonzepte genommen wird, sondern hier häufig wissenschaftlich inkorrekte

oder überholte Inhalte zum Thema Klimawandel zu finden sind (z. B. Choi et al., 2009). Dies kann bestimmte fehlerhafte Vorstellungen zusätzlich verstärken. Daraus ergibt sich die didaktische Herausforderung, geeignete Anknüpfungspunkte für den Unterricht zu finden, die über die fachlichen Grundlagen hinaus an die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler anschließen, um Überforderung oder Desinteresse an einer scheinbar räumlich und zeitlich weit entfernten Krise entgegenzuwirken. Damit verbundene psychologische Mechanismen, die eine wirksame Auseinandersetzung mit der Klimakrise im Unterricht bedingen, werden im Folgenden beispielhaft angeführt.

1.3 Umweltpsychologische Herausforderungen

Das Unterrichten von Klimawandel ist auch deshalb eine Herausforderung, weil Kinder und Jugendliche in Zeiten aufwachsen, in denen soziale, kulturelle und ökologische Auswirkungen des globalen Klimawandels zunehmend beginnen, ihren Alltag zu beeinflussen. Daraus können Angst, Schuld und Hilflosigkeit resultieren (Wise, 2010). Um negative Emotionen dieser Art zu vermeiden, können psychologische Distanzierung, Verdrängung oder Verleugnung der eigentlichen Problematik die Folge sein (Norgraad, 2009). Des Weiteren können situationale Faktoren, wie ökonomische oder gesellschaftliche Normen oder eine geringe Selbstwirksamkeitsüberzeugung klimafreundliches Handeln begrenzen. Zusätzlich neigen Individuen dazu, Identitätskonflikte zu vermeiden, die aus dem Wissen entstehen können, dass man ‚das Falsche tut‘ und es eigentlich einer Änderung des Lebensstils bedürfte (Norgaard, 2009). Selbst eine Zunahme des Fachwissens über den Klimawandel führt nicht zwangsläufig zu klimafreundlichen Verhaltensänderungen, was als ‚Knowledge-Behaviour-Gap‘ bezeichnet wird (z. B. Wibeck, 2014). Die Adressierung von umweltpsychologischen Mechanismen im Unterricht ist damit, über eine reine Förderung des Fachwissens hinaus, eine entscheidende Bedingung für einen handlungs- und lösungsorientierten Klimawandel-Unterricht.

2. Herausforderungen überwinden: Lehrveranstaltungs-konzept ‚Professionsverantwortung in der Klimakrise – Klimawandel unterrichten‘

Abgeleitet aus den skizzierten besonderen unterrichtlichen Herausforderungen der Thematik stellen wir die These auf, dass es neben den zentralen drei Kompetenzfacetten einer Lehrkraft, bestehend aus Fachwissen, Fachdidaktischen Wissen und Pädagogischen Wissen (vgl. Baumert & Kunter, 2006) für einen erfolgreichen Klimawandel-Unterricht auch Umweltpsychologisches Wissens bedarf (z. B. Mallon, 2015). Aus diesem Grund verfolgt die Lehrveranstaltung ‚Professionsverantwortung in der Klimakrise – Klimawandel unterrichten‘ (4 ECTS, 3 SWS), die an der Universität Wien im Master-Lehramtsstudiengang für das Unterrichtsfach ‚Biologie und

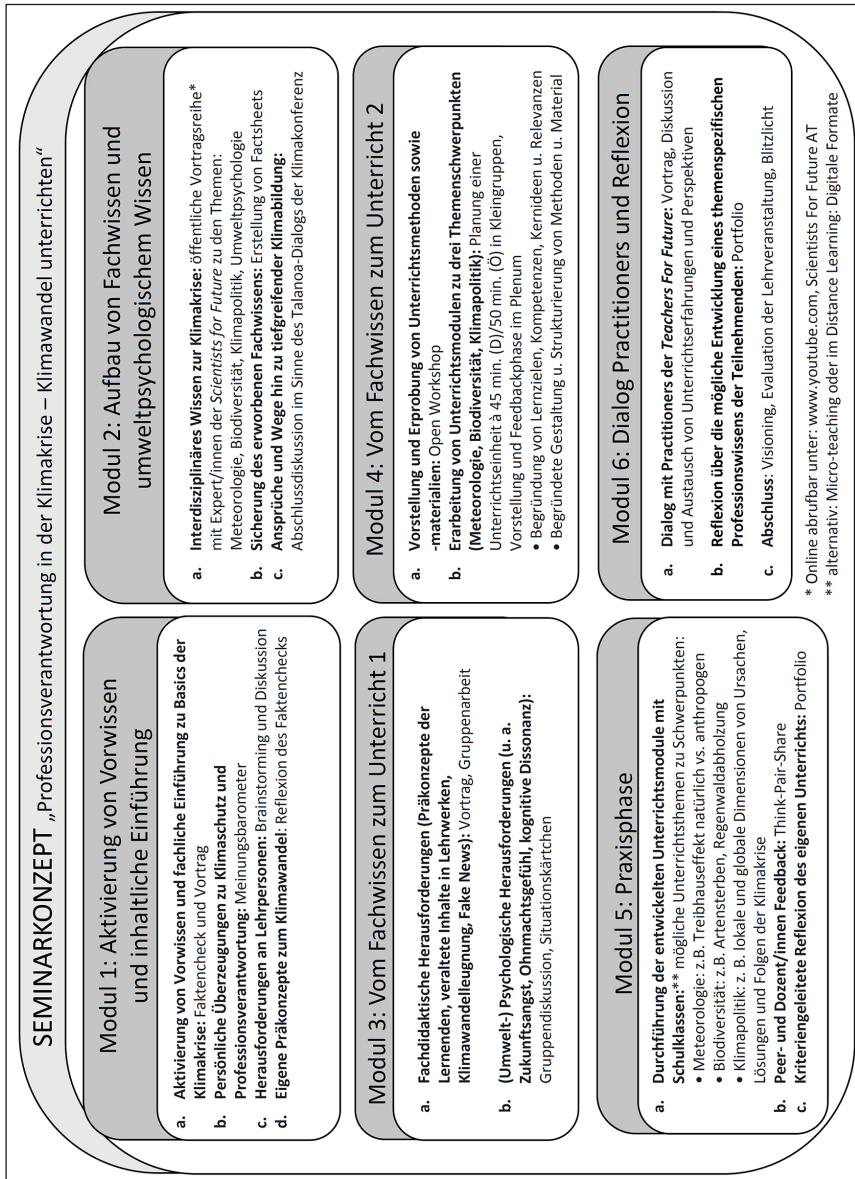


Abb. 1: Konzept der Lehrveranstaltung „Professionsverantwortung in der Klimakrise – Klimawandel unterrichten“ mit ihren 6 Modulteilern.

Umweltkunde‘ eingebettet ist und bei der auch externe Fachexperten und Lehrkräfte als Practicioners mit eingebunden sind, folgende vier Ziele: 1) die Vermittlung von klimawandel-spezifischem Fachwissen, 2) die Auseinandersetzung mit fachdidaktischen sowie umweltpsychologischen Herausforderungen, 3) die Aneignung von fachdidaktischen Fähigkeiten und Methoden zur Planung, eigenständige Durchführung und Kriterien geleitete Reflexion von Klimawandel-Unterricht sowie 4) der Transfer der fachwissenschaftlichen bzw. fachdidaktischen Kompetenzen in die unterrichtliche Praxis. In insgesamt sechs Modulen (vgl. Abbildung 1) können Studierende die drei Professionskompetenzfacetten Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Umweltpsychologisches Wissen gezielt aufbauen, um künftig Schülerinnen und Schüler a) umfassend über die Klimakrise aufzuklären, b) zum kritischen Denken und nachhaltigen Entscheidungen zu befähigen und c) ihnen Handlungsstrategien aufzuzeigen, um dem Gefühl der ‚Klima-Ohnmacht‘ positiv zu begegnen und die ‚Knowledge-Behaviour-Gap‘ zu überwinden.

2.1 Umsetzung der Modulinhalte

Eine ausführliche Beschreibung der Lehrveranstaltungsinhalte inklusive Literatur und Internetquellen (18 Seiten) finden sich im zugehörigen Begleitmaterial unter [#insert Website here#](#).

Im *Modul 1* wird zunächst Vorwissen aktiviert, zur Reflexion der eigenen Einstellungen zum Klimawandel eingeladen sowie eigene Emotionen und Handlungsbereitschaften abgefragt. Mit der Methode „Fact or Fake – Faktencheck“ und eines Meinungsbarometers (Positionierung im Raum oder digital mit ‚Mentimeter‘ o.Ä.) werden erste Assoziationen zum Thema Klimawandel und Klimawandelunterricht ausgetauscht. Es folgt eine kurze inhaltliche Einführung anhand von 16 zentralen Befunden zum Klimawandel wie z. B. natürlicher vs. anthropogener Treibhauseffekt, Schwellenwerte und Tipping Points (z. B. Rüth et al. 2020) gefolgt von der Vorstellung eines Begründungsrahmens für Klimabildung mithilfe nationaler bildungsrechtlicher Dokumente (Lehrpläne, Erlasse etc.) sowie der internationalen Agenda 2030 (UN, 2015) und deren möglicherweise relevante Rolle als ‚Social Tipping Element‘. Im Anschluss erfolgt ein Brainstorming zu möglichen Herausforderungen im Klimawandelunterricht. Die Auflösung des Faktenchecks wird zum Anlass genommen, über mögliche eigene Präkonzepte zu reflektieren. Zentrale Befunde aus Studien zu Präkonzepten bei Lehramtsstudierenden und Lehrkräften werden vorgestellt (z. B. Lambert & Bleicher, 2013; Shepardson et al., 2011). Aufgrund der hohen Bedeutung eines fundierten Fachwissens als Basis für guten Unterricht wird im *Modul 2* die Voraussetzung für ein fachwissenschaftliches Verständnis der meteorologischen Grundlagen des Klimawandels sowie dessen ökologische, ökonomische und gesellschaftspolitischen Auswirkungen geschaffen. Für den Unterricht besteht ebenso Bedarf an Kenntnissen von umweltpsychologischen Phänomenen. Im Rahmen einer

öffentlichen Vortragsreihe geben daher Expertinnen und Experten der Initiative ‚Scientists for Future‘, welche sich als Vertretung der Wissenschaft in der Klimabewegung engagieren, einen Überblick über die zentralen Befunde der Themenbereiche Meteorologie (Klimatologie), Biodiversität, Klimapolitik und Umweltpsychologie. So kann disziplin- und institutionsübergreifend das Bewusstsein aufgebaut und Wissen zur Vielschichtigkeit der Klimakrise vermittelt werden. Alternativ können sich Studierende ihr Fachwissen mithilfe von aufgezeichneten Expertinnen- und Experten-Vorträgen asynchron selbst aneignen: Die Vortragsreihe „Klimabildung For Future - Interdisziplinäre Perspektiven auf die Klimakrise“, als Bestandteil der hier vorgestellten Lehrveranstaltung, ist auf dem YouTube-Kanal von Scientists For Future Austria (Aufnahme vom Wintersemester 2020) als Open Source abrufbar (s. Begleitmaterial). Abgeschlossen werden die jeweiligen Thementage mit einem angeleiteten Dialog, angelehnt an den Talanoa-Dialog der Klimakonferenz mit Leitfragen wie z. B. „Wo stehen wir? Wo wollen wir hin? Wie schaffen wir das?“, um Verbindungen der theoretischen Ebene zur Handlungsebene herzustellen (Aitken et al., 2011). Die zentralen fachlichen Inhalte der Vorträge werden von den Studierenden durch das Erstellen von ‚Factsheets‘ für ihre Kolleginnen und Kollegen gesichert. Im Anschluss an die Vermittlung von Fachwissen folgt in *Modul 3* die fachdidaktische Auseinandersetzung mit der Thematik, mit besonderer Rücksicht auf zu erwartende Herausforderungen durch Präkonzepte der Schüler/innen, falsche oder veraltete Lehrwerk-Inhalte sowie Thesen von Klimaskeptikern und Fake News. In einem zweiten Teil liegt hierbei das Hauptaugenmerk auf den Umgang mit Herausforderungen der Umweltpsychologie: wesentliche Konstrukte und Problematiken wie z. B. ‚Klima-Ohnmacht‘ (Kognitive Dissonanz), ‚Psychologische Distanzierung‘ oder ‚Knowledge-Behavior-Gap‘ werden behandelt, sodass in Gruppenarbeiten schließlich mögliche Handlungsstrategien entwickelt werden können, um diesen Phänomenen entgegenzuwirken. Mit Hilfe von ‚Situationskärtchen‘ (s. Begleitmaterial¹) werden mögliche für die Klimabildung realistische Szenen aus dem Schulalltag nachgestellt. Im *Modul 4* liegt der Fokus auf Unterrichtsmethoden und Unterrichtsmaterialien sowie der Erarbeitung von eigenen Unterrichtsmodulen zu den drei Themenbereichen Meteorologie, Biodiversität sowie Klimapolitik. Bewährte Methoden sowie Methodensammlungen (z. B. Eilks et al., 2011; teachersforfuture.at; klimabündnis.at) werden vorgestellt, sodass die Studierenden im Anschluss ihr Wissen zur Anwendung bringen können, indem sie in Teams 45-minütige (in Österreich 50-minütige) Unterrichtsmodule für Lernende planen. In *Modul 5* werden die erarbeiteten Unterrichtsmodule mit Schulklassen (bzw. ggf. im Micro-Teaching oder im Distance-Learning mit digitalen Formaten) eigenständig durchgeführt, begleitet von Unterrichtsdiagnostik durch Peers und Dozierende sowie Feedback der Lernenden (z. B. EMU Fragebogen zur Unterrichtsdiagnostik, Helmke et al. 2018). Dem Praxisteil folgt eine abschließende Kriterien geleitete Reflexionsphase im Plenum anhand des jeweiligen Feedbacks. Durch das Planen, Durchführen

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

und Reflektieren von eigenem Unterricht durch die Studierenden soll die erworbene theoretische Basis des fachlichen, fachdidaktischen und umweltpsychologischen Wissens in die Praxis umgesetzt werden. Im letzten *Modul 6* treten die Studierenden mit engagierten Practitioners der Initiative ‚Teachers For Future‘, ein Zusammenschluss von Lehrpersonen zur Unterstützung der Klimabewegung, in Dialog und tauschen Unterrichtserfahrungen und Perspektiven zukünftigen Klimawandelunterrichts aus. Aktuelle Projekte in der Klima-Bildungsarbeit können vorgestellt werden. Zudem wird in Modul 6 ein Ausblick auf die mögliche Zukunft von Klimabildung gegeben. Die Studierenden werden dazu eingeladen, sich mit der Methode des ‚Visioning‘ den zukünftigen Unterricht und Schule in einer klimagerechten Welt vorzustellen. Außerdem bietet die letzte Einheit Möglichkeit eines Wrap-Ups offener Fragen, sowie eine allgemeine Reflexion über die mögliche Entwicklung eines themenspezifischen Professionswissens der Teilnehmenden in Verlauf der Lehrveranstaltung.

3. Fazit und Ausblick

Die hier vorgestellte Lehrveranstaltung findet bereits zum vierten Mal statt. Ergebnisse einer ersten Begleitevaluation (Interventionsstudie Pre-Post Design, $N=17$, M Alter: 26, $SD=6.3$, 82% w.) deuten darauf hin, dass diese bei den Studierenden zu einem Anstieg ihres Fachwissens und ihrer Handlungsbereitschaften führt. Knapp 71% gaben an, sich nach der Lehrveranstaltung deutlich besser auf die unterrichtlichen Herausforderungen des Themas vorbereitet zu fühlen (Pürstinger 2020, Möller et al. 2020). Als in der Lehrkräftebildung tätige Personen stehen wir in der Verantwortung, Lehramtsstudierende zu befähigen, durch einen adäquaten Schulunterricht ‚Climate Literacy‘ als Grundlage für die politische Teilhabe der heranwachsenden Generation zu ermöglichen. So kann Bildung als ‚social tipping point‘ einen Beitrag zum Erreichen der UN-Nachhaltigkeitsziele leisten. Das hier vorgestellte Lehrkonzept kann somit einen Anreiz bieten, an der eigenen Hochschule aktiv zu werden und ähnliche oder adaptierte Lehrveranstaltungen anzubieten. Kooperationen mit Fachdidaktiken anderer Fächer, z. B. der Geographie bzw. Geowissenschaften, anderen Fakultäten oder anderen inner- und außeruniversitären Partner/innen mit (wie z. B. ‚Scientists for Future‘, ‚Teachers for Future‘) fördern eine Vernetzung (auch der Studierenden) und können zusätzliche fachliche und fachdidaktische Expertise und Perspektiven aufzeigen. Es ist geplant, die Lehrveranstaltung auch fächerübergreifend anzubieten. Frei zugängliche Vortragsreihen, die beispielsweise die verschiedenen Ebenen des Fachwissens behandeln, können die Dissemination positiv verstärken. Denkbar wäre auch, dass ebenfalls Lehramtsstudierende aus nicht naturwissenschaftlichen Studiengängen teilnehmen. Module der Lehrveranstaltung werden am Standort Wien bereits auch erfolgreich im Rahmen von Lehrkräftefortbildungen eingesetzt.

Literatur

- Aitken, C., Chapman, R. & McClure, J. (2011). Climate change, powerlessness and the commons dilemma: Assessing New Zealanders' preparedness to act. *Global Environmental Change*, 21, 752–760. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.002>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Choi, S., Niyogi, D., Shepardson, D. P. & Charusombat, U. (2009). Do earth and environmental science textbooks promote middle and high school students' conceptual development about climate change? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91, 889–898. <https://doi.org/10.1175/2009BAMS2625.1>
- Corner, A., Roberts, A., Chiari, S., Völler, S., Mayrhuber, E. S., Mandl, S. & Monson, K. (2015). How do young people engage with climate change? The role of knowledge, values, message framing, and trusted communicators. *WIREs Clim Change*, 6, 523–534. <https://doi.org/10.1002/wcc.353>
- Eilks, I., Feierabend T., Höfle C., Höttecke H., Menthe, J., Mrochen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.) (2011). *Der Klimawandel vor Gericht: Materialien für den Fach- und Projektunterricht*. Aulis.
- Helmke, A. & Helmke, T. (2014). Unterrichtsanalyse mit EMU (Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und -entwicklung). *Journal für Schulentwicklung*, Heft 1/2014, 55–57.
- Helmke, A, Helmke, T, Lenske, G, Pham, G. et al. (2018). Unterrichtsdiagnostik mit EMU – Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik: <http://www.unterrichtsdiagnostik.de/>
- Horn, E. & Bergthaller, H. (2020). *The Anthropocene: Key Issues for the Humanities*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429439735>
- Lambert, J. L. & Bleicher, R. E. (2013). Climate Change in the Preservice Teacher's Mind. *Journal of Science Teacher Education*, 24, 999–1022. <https://doi.org/10.1007/s10972-013-9344-1>
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W. & Schellnhuber, H. J. (2019). Climate tipping points – too risky to bet against. *Nature*, 575, 592–596. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03595-0>
- Mallon, B. (2015). A development education perspective on the challenges and possibilities of climate change in initial teacher education. In McCloskey, S. (Hrsg.), *Policy & Practice: A Development Education Review* (S. 135–146). Center for Global Education.
- Michelsen, G., Grunenberg, H., Mader, C. & Barth, M. (2016). *Greenpeace Nachhaltigkeitsbarometer 2015 – Nachhaltigkeit bewegt die jüngere Generation*. VAS Verlag.
- Möller, A., Kranz, J., Winter, V., Müller, K. & Pürstinger, A. (2020). Professionsverantwortung in der Klimakrise: Klimabildung im Lehramtsstudium als wichtiger Beitrag zum Erreichen der SDGs. Beitrag auf der „Sustainable Development Goals und Lehrer*innenbildung-Tagung“ des des Deutschsprachigen Netzwerks LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung (LeNa). Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik Wien.
- Norgaard, K. M. (2009). *Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change* (Background Paper to the 2010 World Development Report). The World Bank. <https://doi.org/10.1037/e595792012-001>
- Oelgeklaus, H. (2012). *Den Klimawandel unterrichten: Untersuchung zum Pedagogical Content Knowledge (PCK) von Lehrkräften zum Thema Klimawandel*. Verlag Dr. Kovač

- Otto, I., M., Donges, J. F., Cremades, R., Bhowmik, A., Hewitt, R. J., Lucht, W., Rockström, J., Allerberger, F., McCaffrey, M., Doe, S. S. P., Lenferna, A., Morán, N., van Vuuren, D. P. & Schellnhuber, H. J. (2020). Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *PNAS*, 117, 2354–2365. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900577117>
- Pürstinger, A. (2020). *Herausforderung Klimakrise unterrichten: Evaluation einer Bildungsintervention für angehende Biologielehrkräfte*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Wien.
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S. & Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104, 481–507. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9786-9>
- Uhl, I., Klackl, J., Hansen, N. & Jonas, E. (2018). Undesirable effects of threatening climate change information: A cross-cultural study. *Group Processes & Intergroup Relations*, 21, 513–529. <https://doi.org/10.1177/1368430217735577>
- United Nations (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. *United Nations*. <https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- United Nations (2019). The Sustainable Development Goals Report. *United Nations*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>
- Wibeck, V. (2014). Enhancing learning, communication and public engagement about climate change – some lessons from recent literature. *Environmental Education Research*, 20, 387–411. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.812720>
- Wise, S. (2010). Climate Change in the Classroom: Patterns, Motivations, and Barriers to Instruction Among Colorado Science Teachers. *Journal of Geoscience Education*, 58, 297–309. <https://doi.org/10.5408/1.3559695>
- World Meteorological Organization (2020). New climate predictions assess global temperatures in coming five years. *WMO*. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/new-climate-predictions-assess-global-temperatures-coming-five-years>

Zusatzmaterial: Professionsverantwortung



Digitale Medien selbst gemacht

AppLaus – ein Kooperationsprojekt zwischen Biologie- und Informatikdidaktik

Daniela Mahler, Andreas Mühling & Julia Arnold

MINT-Unterricht profitiert vom Einsatz digitaler Technologien (Kuhn et al., 2017). Um die Potentiale digitaler Technologien ausschöpfen zu können, benötigen Lehrpersonen ein breites Repertoire an Wissen, das oft nicht vorhanden ist (Koehler et al., 2014). Lehrpersonen fühlen sich daher unsicher und nicht ausreichend qualifiziert (Chai et al., 2013); eine systematische Förderung der relevanten Kompetenzen wird im Studium vielerorts noch nicht adäquat berücksichtigt.

Im Rahmen dieses Beitrags wird ein fächerverbindendes Seminarkonzept für Lehramtsstudierende der Biologie (StudBio) und der Informatik (StudInf) (gymnasiales Lehramt) am Standort Kiel vorgestellt, bei dem die Entwicklung von Lern-Apps im Zentrum steht. So wird die unterschiedliche Ausgangslage der beiden Fächergruppen für das Lernen nutzbar gemacht: Erfahrungen am Standort zeigen, dass StudBio im Rahmen des Studiums bisher wenig Berührungspunkte mit dem didaktisch aufbereiteten Einsatz digitaler Technologien haben. Dies gilt weniger für StudInf, denn diese nutzen digitale Technologien in einem Großteil des Studiums als reguläre Werkzeuge, wenn auch nicht im spezifischen Kontext von Schulunterricht. Das Lehrvorhaben „AppLaus“ (App-Entwicklung in der Lehramtsausbildung) hat das Ziel, angehende Lehrpersonen mit den Fächern Biologie und Informatik in einer Projektarbeit zusammenzubringen und so einen wechselseitigen Austausch anzuregen: StudBio erlangen technologiebezogenes Wissen, welches zur Entwicklung einer App zu einem biologischen Lerninhalt benötigt wird. Dadurch wird der Softwareentwicklungsprozess erlebbar, die digitale Technologie wird von einer Black-Box zu einer Glass-Box. StudInf erleben einen Softwareentwicklungsprozess mit echten Kundinnen und Kunden und erschaffen ein konkretes Produkt, bleiben dabei aber im Kontext der Schule und des Fachunterrichts. Sie erleben so auch die Unsicherheiten und Blickweisen, denen sie später in einem Kollegium begegnen werden. Die Studierenden sollen dabei sowohl die notwendige Wissensbasis aufbauen als auch motiviert werden, digitale Technologien in ihrem Berufsleben auch tatsächlich zu nutzen.

Innovativ ist erstens der fächerverbindende Ansatz, bei dem die angehenden Lehrpersonen von der Expertise des jeweils anderen Fachs profitieren, und zweitens der Fokus auf das *Produzieren* eines digitalen Lerninstruments. Eine abschließende Seminarevaluation gab Aufschluss über den Erfolg der Veranstaltung. Dem Seminar liegen dabei theoretische Annahmen zugrunde, die im Folgenden ausgeführt werden.

1. Technologiebezogenes Professionswissen

Zur Beschreibung der zu erwerbenden Wissensbasis dient das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006). Wie andere Modelle in diesem Bereich stellt es eine Weiterentwicklung des Modells von Shulman (1986) bezüglich des Professionswissens von Lehrkräften dar. Ergänzend zu den von Shulman beschriebenen Wissensbereichen, Fachwissen (CK), pädagogisches Wissen (PK) und fachdidaktisches Wissen (PCK), werden im TPACK-Modell vier weitere technologiebezogene Wissensbereiche berücksichtigt (Mishra & Koehler, 2006): Technological Knowledge (TK) hat ausschließlichen Technologiebezug. Das Technological Content Knowledge (TCK) bezieht sich auf das Wissen über Technologien zu bestimmten fachlichen Inhalten. Einen dritten technologiebezogenen Wissensbereich stellt das Technological Pedagogical Knowledge (TPK) dar. Es umfasst jenes Wissen, welches notwendig ist, um Technologien für die Förderung von Lernprozessen zu nutzen. Das Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) schließlich repräsentiert jenes Wissen, das notwendig ist, um Technologien im Fachunterricht lernförderlich nutzen zu können. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das TPACK-Selbstkonzept mediiert durch motivationale Faktoren auf die Bereitschaft, digitale Medien im Unterricht zu nutzen, auswirkt (Mahler & Arnold, 2017).

2. Förderbedarfe im Bereich TPACK

In einer Vorstudie (Nazaruk, 2017) wurden 20 StudBio interviewt. U.a. wurde nach Förderbedarfen in Bezug auf die TPACK-Bereiche gefragt. Ca. 20% der Befragten wünschen sich mehr Wissen hinsichtlich der Programmierung von Anwendungen, um die Funktionsweise von Apps besser zu verstehen (TK). Etwa die Hälfte der Befragten wünschen sich Informationen über Einsatzmöglichkeiten von Hardware (z. B. Tablets) und Software in biologischen Kontexten (TCK) und ca. 80% wünschen sich Einsatzmöglichkeiten zur Anwendung im Unterricht (TPK). Hinweise darüber, welche Einsatzmöglichkeiten Tablets und entsprechende Apps in konkreten Unterrichtseinheiten haben und wie diese beurteilt und ausgewählt werden können (TPCK), wünschten sich 65% der Befragten. Die vorgestellte Lehrveranstaltung orientiert sich an diesen Bedarfen (Arnold et al., 2018).

3. Seminarkonzept und Lernziele

Die Lehrveranstaltung integriert zwei Pflichtmodule für StudInf (5. Bachelorsemester) bzw. StudBio (3. Mastersemester). Für die StudInf ist das praktische Durchführen von komplexen Software-Entwicklungsprozessen Teil der Ausbildung. Dabei besteht die Herausforderung, realistische Softwareentwicklung erfahrbar zu machen und dabei den Blick auf die Unterrichtsrealität nicht zu verlieren. Bisher ist der Umgang mit dieser Herausforderung – etwa durch Aufgabenstellungen, die auch Unterrichtsinhalt sein könnten, aber dann nicht die nötige Komplexität und Offenheit eines realistischen Software-Entwicklungsprojekts besitzen – unbefriedigend gelöst. Die StudBio fühlen sich häufig nicht ausreichend qualifiziert, um digitale Medien im Unterricht effektiv einzusetzen (s.o.).

Das Projekt setzt hier an, indem es in den Einsatz digitaler Technologien im Unterricht einführt und Einblicke in den Entwicklungsprozess von Lernsoftware gibt. In interdisziplinären Teams sollen Lern-Apps für den Biologieunterricht entwickelt werden. Die App-Entwicklung wird zunächst nach Fächern getrennt vorbereitet (Fokus PCK, TK) und anschließend in gemeinsamer Seminarzeit umgesetzt (Fokus TK, TPCK). Dabei ist ein Lernziel für die StudBio, nicht nur die Handhabung und den Einsatz digitaler Medien im Unterricht aus Sicht der Anwendenden zu erlernen, sondern zudem durch die Beteiligung an der Software-Entwicklung wichtiges TK zu erwerben. So wird vermieden, dass das entstandene Produkt als Black-Box wahrgenommen wird, und es können Nutzungshemmungen abgebaut und positive motivationale Aspekte aufgebaut werden. In einem weiteren Schritt erproben die StudBio die selbst entwickelte App in einem selbst geplanten realen Lernarrangement und reflektieren den Medieneinsatz (Fokus TPK, TPCK). Der Ablauf des Seminars ist in der Online-Ergänzung¹ dargestellt.

4. Produkte

In AppLaus sind zahlreiche funktionstüchtige Lern-Apps entstanden. Zwei dieser Produkte werden hier exemplarisch vorgestellt, um die Vielfalt der Ideen zu zeigen (der Themenkomplex „Zucker“ war vorgegeben).

Die App *Diabetes mellitus: Auswirkung auf den Körper und das Wohlbefinden* präsentiert ein konkretes Patientenfallbeispiel als Einstieg in die Thematik. Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand der Symptome eines Patienten sowie den von einem Arzt ermittelten Werten eine Diagnose stellen. Kernaufgabe im Rahmen der App ist die Erstellung eines Therapieplans, die durch vorgegebene Therapiebausteine sowie Informationsblöcke unterstützt wird.

Die App *Kohlenhydratisch* stellt eine Lerngelegenheit zu Merkmalen und zur Unterscheidung von Mono-, Di- und Polysacchariden dar (siehe Abbildung 1). Herzstück der App ist der Versuchs- und Protokollteil. Die Schülerinnen und Schüler haben hier die Möglichkeit mithilfe von in der App enthaltenen Versuchsanleitungen eigene Nachweisreaktionen für unterschiedliche Kohlenhydrate durchzuführen und diese in einem digitalen Versuchsprotokoll festzuhalten. Dieses kann mit der Klasse oder der Lehrperson ausgetauscht werden.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Implementation solcher Produkte in den Unterricht durch zunehmende Verbreitung von *Open Educational Resources*-Sammlungen einfacher werden wird.

5. Rückmeldungen und Weiterentwicklung

Die Studierenden hatten die Möglichkeit, das Seminar in Form von offenen Rückmeldungen zu evaluieren. Die StudBio wünschten sich, dass die Schulbesuche, in denen die Apps getestet wurden, gemeinsam mit den StudInf durchgeführt werden sollten.

¹ Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

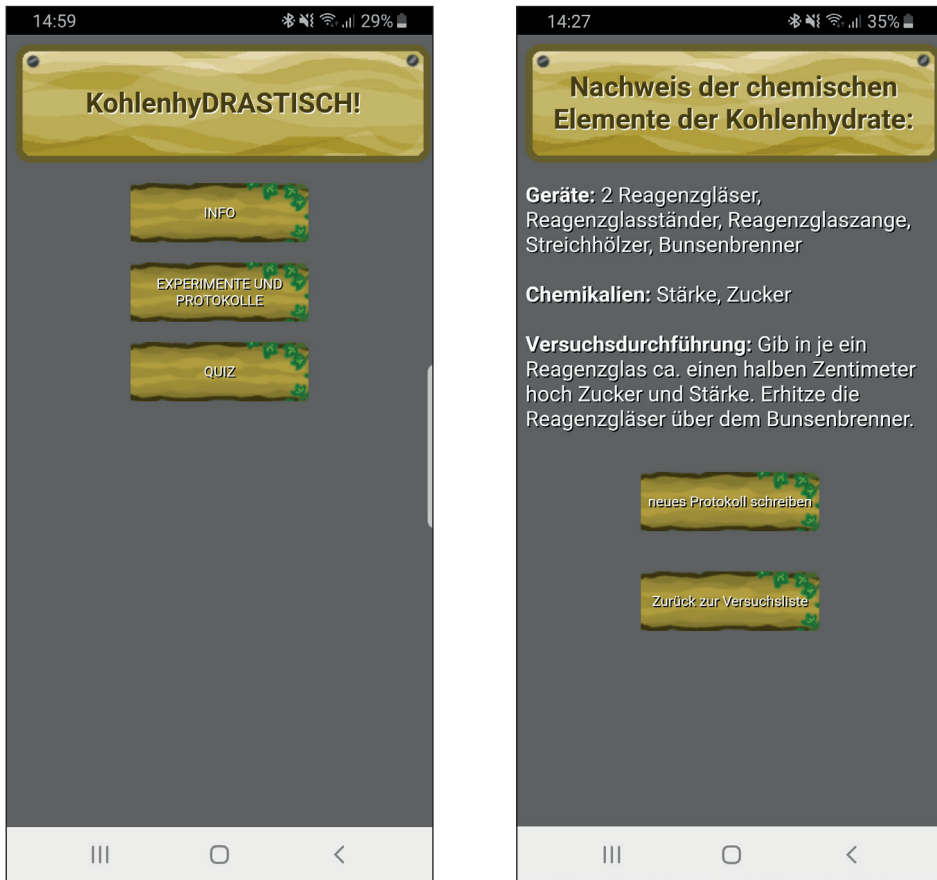


Abb. 1: Screenshots der App *Kohlenhydrastisch*
(Hauptmenü links, Beispielexperiment rechts).

Dies war aufgrund der Modul-Anlage nicht möglich, wird aber künftig in Betracht gezogen. Außerdem bemerkten die Studierenden, dass die erstellten Produkte bei den Lernenden sehr gut ankamen. Die StudInf merkten an, dass die Kommunikation innerhalb der Gruppe nicht einfach zu organisieren war. Dennoch habe ihnen die Kooperation mit einem anderen Fach Spaß gemacht und sie hätten nicht gedacht, dass am Ende ein so gutes Produkt entstehen könnte. Speziell der Aspekt der Kommunikation wurde in weiteren Durchführungen zentraler in den Mittelpunkt gerückt und von Anfang an thematisiert. Es wurden neben der Möglichkeit einer betreuten Arbeitszeit auch spezielle Sprechstunden für die Gruppen angeboten, um Kommunikationsprobleme bereits frühzeitig zu erkennen.

In zwei weiteren Durchführungen, die in Kooperation mit dem Fach Geographie an einem weiteren Hochschulstandort (Hamburg) stattfanden, wurde darüber hinaus ein größerer Wert auf die fachdidaktische Analyse der Apps von Seiten der Lehramtsstudierenden in der Vorbereitung gelegt, um für eine größere Vielfalt an Ideen zu sorgen.

So entstanden beispielsweise eine virtuelle Stadtführung durch Hamburg sowie eine Essensdatenbank über die Nachhaltigkeit diverser Lebensmittel. Diese Durchgänge wurden aufgrund der Präsenzbestimmungen während der SARS-CoV-2-Pandemie in Teilen bzw. komplett virtuell erprobt. Das Konzept lässt sich also grundsätzlich auch virtuell durchführen, was grundsätzlich eine standortübergreifende Arbeit ermöglicht.

Das Vorhaben wurde durch den PerLe-Fonds für Lehrinnovation aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL17068 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und dem Autor.

Literatur

- Arnold, J., Mahler, D., & Mühling, A. (2018). „AppLaus“: App-Entwicklung in der Lehramtsausbildung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S. 546–549). https://gdcv-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCV_Band38.pdf.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (S. 101–111). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9
- Kuhn, J., Ropohl, M. & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 11–32). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Mahler, D., & Arnold, J. (2017). Wissen und Motivation von Lehrkräften im Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 264–277). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- 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>
- Nazaruk, F. (2017). *Das Selbstkonzept angehender Lehrkräfte zum Umgang mit Tabletcomputern im Biologieunterricht: Eine Interviewstudie*. Unveröffentlichte Master-Arbeit. CAU Kiel.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

Zusatzmaterial: DigitaleMedien



Studierende erstellen interaktive Experimentiervideos

Lion Cornelius Glatz, Roger Erb & Albert Teichrew

Mit dem Sommersemester 2020 wurde an der Goethe-Universität Frankfurt am Main die Veranstaltung ‚Fachdidaktische Vertiefung der modernen Physik‘ durch ein neues Übungsformat erweitert. Studierende erstellen aus bereits gefilmten Experimenten interaktive Experimentiervideos, die für den Einsatz im Schulunterricht geeignet sind. Ein Ziel ist hierbei, die Selbstbeteiligung der Studierenden im Seminar zu erhöhen. Zum anderen setzen sie sich sowohl mit der fachlichen als auch mit der didaktischen Perspektive der jeweiligen Experimente vertieft auseinander.

Somit werden zum einen die Medienkompetenzen der Studierenden gefördert, indem sie neue digitale Werkzeuge kennenlernen, deren Nutzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht abschätzen und nach einer Auswahl passender Formate konkret umsetzen. Zum anderen entstehen neue digitale Lernangebote für Schülerinnen und Schüler, die durch erhöhte Interaktivität ein aktives und selbstgesteuertes Lernen fördern sollen (Zumbach, 2010).

Auch wenn in dem hier vorgestellten Seminar Experimente zum Teilchenmodell im Mittelpunkt stehen, lässt sich das Konzept auf Veranstaltungen mit anderem inhaltlichen Schwerpunkt gut übertragen. Voraussetzung ist lediglich, dass Experimente ein Teil der Lehrveranstaltung sind und diese als Video vorliegen oder sich diese Videos anfertigen lassen.

1. Mit digitalen Werkzeugen interaktive Experimentiervideos erstellen

Mit interaktiven Experimentiervideos sind Videos von Experimenten gemeint, auf die beim Anschauen wesentlich Einfluss genommen werden kann. Es wird demnach nicht einfach ein Video zu einem Experiment betrachtet. Stattdessen schlüpft man zumindest partiell in die Rolle der experimentierenden Person, indem mithilfe von eingblendeten interaktiven Elementen das Experimentiervideo selbständig und in individuellem Tempo bearbeitet wird (Glatz et al., 2020).

Ein digitales Werkzeug, mit dem Videos interaktiv gestaltet werden können, ist das Online-Tool H5P (h5p.org). Damit lassen sich interaktive Elemente wie beispielsweise Single/Multiple-Choice-Abfragen, Drag-&-Drop-Aufgaben oder Navigations-Buttons zu selbsterstellten Videos oder bereits bestehenden YouTube-Videos hinzufügen.

Neben dem Inhaltstyp ‚Interaktives Video‘ bietet H5P noch weitere Möglichkeiten, zum Beispiel interaktive Präsentationen, Quiz oder Zuordnungsaufgaben zu erstellen. Auch wenn dies ohne Programmierkenntnisse leicht getan werden kann, ist für eine

uneingeschränkte Nutzung von H5P eine Hosting-Lösung nötig. Dies kann zum Beispiel über eine eigene Wordpress-Seite geschehen oder durch das Einbinden des H5P-Plugins in eine kompatible Lernplattform wie Moodle (moodle.com).

2. Seminarkonzept

Der Übungsteil des Seminars ‚Fachdidaktische Vertiefung der modernen Physik‘, in welchem die Studierenden die interaktiven Experimentiervideos erstellen, verläuft in zwei Unterstützungs- und zwei Bearbeitungsphasen in jeweils abwechselnder Reihenfolge. Jede dieser Phasen nimmt eine Woche in Anspruch. Hinzu kommen eine organisatorische und inhaltliche Einführung sowie ein abschließendes Zusammentragen der Ergebnisse, sodass insgesamt sechs Sitzungen eingeplant werden sollten. Der gesamte Prozess wird über die Lernplattform OLAT begleitet und kann damit auch ohne Präsenzveranstaltungen stattfinden. Der Onlineanteil wird so gestaltet, dass die Studierenden die Möglichkeit haben, die Gruppeneinteilung eigenständig vorzunehmen, miteinander zu kommunizieren, auf unterstützendes Material zuzugreifen und durch wöchentliche Video-Updates über den Verlauf der Arbeitsphase informiert zu werden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die einzelnen Phasen, die im Folgenden genauer vorgestellt werden.

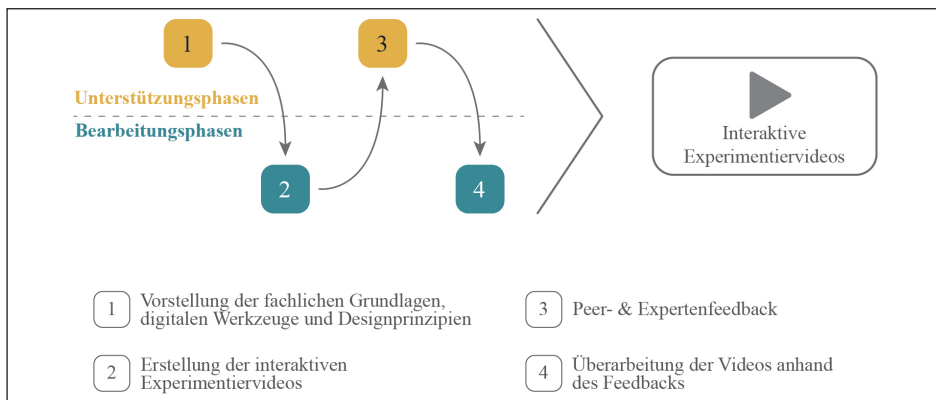


Abb. 1: Schematischer Ablauf des Arbeitsauftrags.

2.1 Vorstellung der Grundlagen

In der ersten Phase erfolgt die Einführung in den Arbeitsauftrag. Außerdem werden den Studierenden die nötigen Informationen und unterstützendes Material präsentiert, damit sie ausreichend für die erste Bearbeitungsphase vorbereitet werden. Dazu gehören zum einen die fachlich-inhaltlichen Grundlagen (das verwendete Teilchenmodell und die Aspekte, die die Experimente vermitteln sollen). Außerdem wird die Funktionsweise der für den Arbeitsauftrag benötigten digitalen Werkzeuge erläutert. Im Fall von H5P bietet sich dabei auch ein Verweis auf die offizielle Website an, da für

viele H5P-Inhaltstypen wie das interaktive Video detaillierte Anleitungen (in englischer Sprache) vorhanden sind.

Teil der ersten Phase ist außerdem die Vorstellung der Komponenten, aus denen die interaktiven Experimentiervideos bestehen sollen. Diese sind unabhängig von dem jeweiligen Experiment und dienen zum einen als Orientierung und Strukturierungshilfe für die Studierenden. Zum anderen sollen sie sicherstellen, dass die finalen Produkte der Studierenden einem vergleichbaren und möglichst hohen Qualitätsstandard entsprechen. Außerdem soll gewährleistet werden, dass die Experimentiervideos für einen Einsatz mit Schülerinnen und Schülern aus didaktischer Sicht geeignet sind. Dafür wird unter anderem auf die Designprinzipien multimedialen Lernens (Mayer, 2009) verwiesen. In Tabelle 1 werden die von uns vorgeschlagenen Komponenten eines interaktiven Experimentiervideos und die zugehörigen didaktischen Ziele aufgezählt. Daneben werden einige H5P-Funktionen genannt, mit denen diese Komponenten realisiert werden können.

Tab. 1: Fachdidaktische (1–4) und -methodische (5–7) Komponenten eines interaktiven Experimentiervideos.

Komponente	Ziel	H5P-Funktion
1 zu vermitteln- der Aspekt eines Modells (z. B. des Teilchenmodells)	durch das Experiment zu überprüfende Modellaussage einführen (angelehnt an den Kreislauf der Erkenntnisgewinnung, vgl. Teichrew & Erb, 2020)	Textfeld
2 Ziel und Aufbau des Experiments	erhöhte kognitive Verarbeitung des Auf- baus sicherstellen (vgl. Watzka et al., 2019)	Standbild Find the Hotspot Drag & Drop
3 Hypothesenbil- dung/-auswahl	Überprüfung von Hypothesen durch das Experiment ermöglichen	Texteingabe Single-/Multiple- Choice-Aufgabe
4 Auswertung des Experiments	klaren Bezug zum Teilchenmodell her- stellen	Textfeld Fill in the Blanks Weiterleitung
5 nichtlineare Be- arbeitung	individuelles Bearbeitungstempo und wählbare Bearbeitungsreihenfolge er- möglichen	verbindliche Cross- roads/optionale Buttons
6 Lern- und Auf- merksamkeits- kontrollen	oberflächliche Bearbeitung des Experi- ments vermeiden (vgl. Schaumburg & Prasse, 2019)	Single-/Multiple- Choice-Aufgabe Fill in the Blanks
7 optionale, zu- sätzliche Hilfen	Binnendifferenzierung ermöglichen	Textfeld Bilder Verweise

In einem interaktiven Experimentiervideo können die in der Tabelle aufgeführten Komponenten folgendermaßen umgesetzt werden: Zu Beginn wird der Versuchsaufbau bei automatischem Standbild durch optionale Buttons an den jeweiligen Bestandteilen des Versuches erklärt. Wird ein Button angeklickt, öffnen sich ergänzende Informationen oder Bilder dazu. Auch im weiteren Verlauf des Videos werden unter-

stützende Informationen auf diese Weise eingeblendet. Da sich die Versuche gut in mehrere Teilphasen einteilen lassen, wird die Möglichkeit gegeben, vor jeder Phase zu entscheiden, wie fortgefahren werden soll. Die betrachtende Person kann demnach einen Abschnitt mehrere Male bearbeiten oder zu einem anderen Teil des Videos springen. Die Versuchsauswertung kann schließlich Teil des Videos sein, indem Fill in the Blanks oder ähnliche Aufgabenformate eingeblendet werden, oder durch eine Weiterleitung auf eine externe Quelle geschehen. Letzteres bietet sich vor allem bei komplexeren Versuchsauswertungen an. Beim sogenannten Ölfleckversuch wird beispielsweise auf eine dafür eingerichtete GeoGebra-Seite verwiesen, auf welcher die Ölfleckgrößen genauer untereinander verglichen werden können.

Die hier vorgestellten Komponenten können in einem Screencast, der im Seminar ‚Fachdidaktische Vertiefung der modernen Physik‘ als Instruktion für die Studierenden dient, im Online-Supplement¹ eingesehen werden.

2.2 Erstellung der interaktiven Experimentiervideos

Nach der einführenden Unterstützungsphase haben die Studierenden in der ersten Arbeitsphase die Möglichkeit, in Gruppen die bereitgestellten Experimentiervideos eigenständig interaktiv zu gestalten. Im Seminar ‚Fachdidaktische Vertiefung der modernen Physik‘ geschieht dies über eine dafür eingerichtete Wordpress-Website, in welcher die Videos eingebettet sind. Mit gruppeneigenen Login-Daten können die Studierenden in den geschützten Bereich der Website gelangen. Dieser Zugang bleibt ihnen über alle Phasen des Arbeitsauftrags hinweg erhalten, damit sie jederzeit die Videos aller Gruppen einsehen und das ihnen zugeordnete bearbeiten können.

2.3 Peer- und Expertenfeedback

Nach der ersten Arbeitsphase folgt eine ausgiebige Feedbackphase. Diese besteht zum einen aus Peer-Feedback, welches die Studierenden in schriftlicher Form zu den Experimentiervideos ihrer Mitstudierenden abgeben und im Anschluss den Gruppen jeweils zur Verfügung stellen. Dies hat zum Ziel, dass sich die Studierenden auch mit den Produkten der anderen Gruppen auseinandersetzen und die didaktisch-methodischen Umsetzungen der interaktiven Elemente kritisch beurteilen. Dieses Peer-Feedback wird durch ein Expertenfeedback in Form von einer Videokonferenz mit jeweils einer Gruppe und den betreuenden Personen des Seminars ergänzt.

2.4 Finale Überarbeitung der Experimentiervideos

Anhand des ausführlichen Feedbacks aus der vorangegangenen Phase bekommen die Studierenden im abschließenden Teil die Gelegenheit, ihre interaktiven Experimentiervideos ein letztes Mal zu überarbeiten. Damit die didaktischen Überlegungen, die zu den

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

finalen Medienprodukten geführt haben, nicht verloren gehen, werden diese von den Studierenden schriftlich festgehalten und auf der Website neben den eingebetteten Videos veröffentlicht. Auf diese Weise wird die Möglichkeit gegeben, über die interaktiven Experimentiervideos und deren didaktisch sinnvollen Einsatz in einen Austausch zu treten.

3. Weiterführende Links und abschließende Bemerkungen

Der hier vorgestellte Arbeitsauftrag als Teil eines physikdidaktischen Seminars bringt sowohl in der Vorbereitung als auch in der Durchführung einen relativ hohen Aufwand mit sich. Allerdings kann dieses Konzept auch in vereinfachter Form realisiert werden, indem beispielsweise bereits bestehende YouTube-Videos anstatt der selbsterstellten Videos den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Wird außerdem bereits eine Lernplattform, die das H5P-Plugin unterstützt, genutzt, vereinfacht das ebenfalls die Umsetzung. Möchte man den Studierenden allerdings ausreichend Bearbeitungs- und Reflexionszeit geben, sollten eine bis zwei Wochen pro Phase eingerechnet werden.

Im Online-Supplement können weiterführende Links zu diesem Beitrag aufgerufen werden. Dazu gehören der im Abschnitt 2.1 vorgestellte Screencast sowie die Website mit den von den Studierenden erstellten interaktiven Experimentiervideos aus dem Sommersemester 2020.

Literatur

- Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2020). Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 70–73). Universität Duisburg-Essen.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Schaumburg, H., & Prasse, D. (2019). *Medien und Schule: Theorie – Forschung – Praxis*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Teichrew, A., & Erb, R. (2020). Lernen mit Modellen und Experimenten: Von der Beobachtung zur Erkenntnis am Beispiel des Regenbogens. *MNU*, 73(6), 481–486.
- Watzka, B., Richtberg, S., Schweinberger, M., & Girwidz, R. (2019). Interaktiv üben mit H5P-Aufgaben. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 173, 22–27.
- Zumbach, J. (2010). *Lernen mit Neuen Medien: Instruktionspsychologische Grundlagen* (1. Auflage). Verlag W. Kohlhammer.

Zusatzmaterial: Experimentiervideos



Studierende als Experten für den Einsatz von digitalen Medien im Chemieunterricht

Hanne Rautenstrauch & Maike Busker

Aktueller denn je ist die Frage, wie digitale Medien im Unterricht sinnvoll eingebunden und genutzt werden können. Von digitalen Messsensoren über Augmented-Reality-Anwendungen bis hin zum Einsatz von E-Books gibt es eine breite Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht. Um dieses Potential jedoch sinnvoll und zur Steigerung der Unterrichtsqualität nutzen zu können, benötigen Lehrkräfte breit gefächerte fachdidaktische und technische Kompetenzen zur Entwicklung eines entsprechenden Professionswissens. Dabei besteht sowohl für Lehrkräfte aus der Praxis heraus ein Fortbildungsbedarf als auch für Lehramtsstudierende die Notwendigkeit, sich mit dieser Thematik für ihre spätere Unterrichtspraxis auseinanderzusetzen. In diesem Beitrag soll ein Seminarkonzept beschrieben werden, in dem Studierende sich mit dem Einsatz von digitalen Medien am Beispiel von E-Books auseinandersetzen und ihre Ergebnisse im Rahmen einer Lehrerfortbildung präsentieren. Die Verzahnung von einem Hochschulseminar und der Transfer der darin erarbeiteten Inhalte in die Schule mittels einer Lehrerfortbildung weist einen Mehrwert sowohl für Studierende als auch für Lehrkräfte auf (Peuker, 2020). Der Transfer wird dabei nach dem Bottom-up-Prinzip, also von einer subalternen unteren Ebene (Lehramtsstudierende) auf eine dispositive obere Ebene (erfahrene Lehrkräfte) vollzogen (Stahl, 2017). Studierende erarbeiten im Seminar innovative Unterrichtsmaterialien, welche sie für den Einsatz in der Praxis aufbereiten. In einer anschließenden Lehrerfortbildung fungieren die Studierenden dann als Multiplikatoren und geben ihre erarbeiteten Materialien an erfahrene Lehrkräfte weiter bzw. stellen diese zur Diskussion. Der sich daraus ergebende Mehrwert umfasst auf Seiten der Lehrkräfte u. a. „innovative unterrichtsbasierte Lehr-Lern-Settings und Materialien, [...] Wertschätzung in der Rolle der erfahrenen Praxisexpert*innen im Setting der Lehrerfortbildung“ (Peuker, 2020, S. 259). Für die Studierenden können beispielsweise die „Wertschätzung in einer Lehrenden-Rolle durch erfahrene Lehrkräfte“ (Peuker, 2020, S. 259) oder auch das Erfahren der eigenen fachdidaktischen Fähigkeiten als besonders gewinnbringend herausgestellt werden (Peuker, 2020).

Welche Kompetenzen Lehrkräfte für eine erfolgreiche Einbindung von digitalen Medien in den Unterricht benötigen, beschreibt der Orientierungsrahmen DiKo-LAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften) (Becker et al., 2020). In dem Orientierungsrahmen werden die von Lehrkräften benötigten digitalen Basiskompetenzen sieben verschiedenen Bereichen zugeordnet: *Dokumen-*

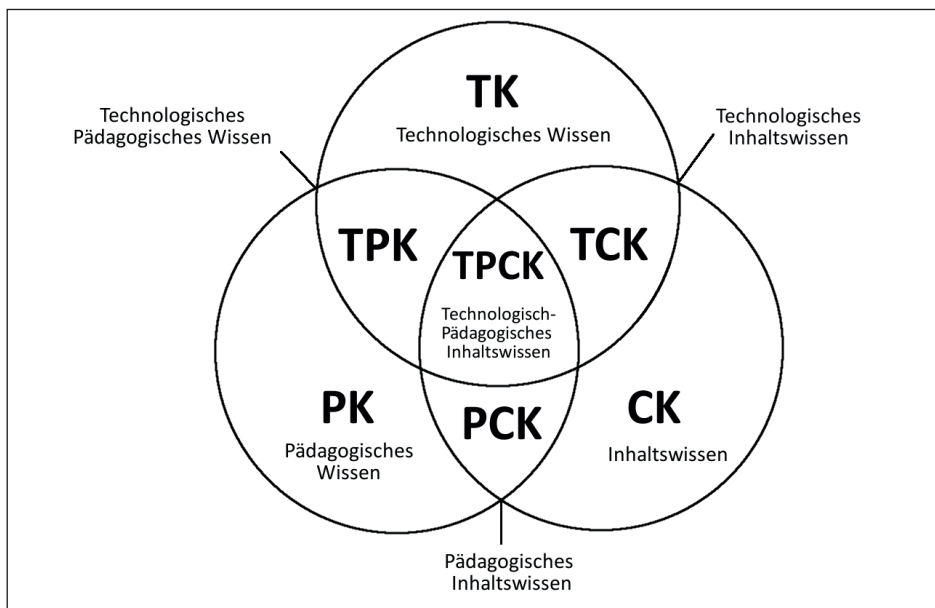


Abb. 1: TPCK-Modell (nach Koehler et al., 2013).

tation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration, Recherche/Bewertung, Messwert-/Datenerfassung, Datenverarbeitung und Simulation/Modellierung (Becker et al., 2020). Untergliedert werden diese Kompetenzbereiche in die vier Schwerpunkte *Unterricht, Methodik und Digitalität, fachwissenschaftlicher Kontext* und *spezielle Technik*. Diese sind angelehnt an das „Technological Pedagogical Content Knowledge-Modell“ (TPCK) (Koehler et al., 2013). Dieses medienpädagogische Modell ergänzt das Modell des Professionswissens von Lehrkräften nach Shulman (1986) in Form eines Schnittmengenmodells um den Gesichtspunkt des Technologischen Wissens (TK) (Verweis auf Abbildung 1).

Neben den klassischen Bereichen *Pädagogisches Wissen* (PK) und *Fachwissen* (CK) und der daraus resultierenden Schnittmenge des *Pädagogischen Inhaltswissens* (PCK) ergeben sich durch die Ergänzung des *Technologischen Wissens* (TK) drei neue Schnittmengenbereiche. Das *Technologische Inhaltswissen* (TCK) meint dabei das Wissen über die Art, wie Inhalte und Technologien miteinander wechselwirken. *Technologisches Pädagogisches Wissen* (TPK) umfasst Kenntnisse darüber, wie Lehren und Lernen durch den Einsatz spezieller Technologien beeinflusst werden können. Als zentrale Schnittmenge in der Mitte ergibt sich das *Technologisch-Pädagogische Inhaltswissen* (TPCK) (Koehler et al., 2013). Dieses

is regarded as the contextualized and situated synthesis of teacher knowledge about teaching specific content through the use of educational technologies that best embody and support it in ways that optimally engage students of diverse needs and preferences in learning (Angeli et al., 2016, S. 15 f.).

Dabei wird deutlich, dass zur Entwicklung eines TPCK eine Anbindung zum jeweiligen Fach notwendig ist. Das TPCK-Modell wurde von Huwer et al. (2019) um digitalitätsbezogenes Wissen ergänzt. In dem erweiterten Modell werden weitere Anforderungen mit aufgenommen, die ein zeitgemäßer MINT-Unterricht an Lehrkräfte stellt. Zum Beispiel müssen weitere Dimensionen der Digitalität, wie gesellschaftliche oder soziale Gesichtspunkte, mitberücksichtigt werden.

Darüber hinaus haben Park und Oliver (2008) verschiedene Arbeiten zu PCK von Lehrkräften in den naturwissenschaftlich-mathematischen Fächern zusammengefasst und daraus ein Modell zur Strukturierung der Lehrkräfteprofessionalität abgeleitet, welches sechs Komponenten umfasst. Unter der Komponente *Orientations to Teaching Science* werden Haltungen und Überzeugungen (beliefs) hinsichtlich bestimmter Zielsetzungen und Absichten in verschiedenen Lerngruppen im naturwissenschaftlichen Unterricht subsummiert. Als zweite Komponente wird das *Knowledge of Assessment of Science Learning* herausgestellt, welches Wissen und Kenntnisse über die Beurteilung von Lehr-/Lernprozessen hinsichtlich verschiedener Faktoren umfasst. Die dritte Komponente des Hexagonmodells ist das *Knowledge of Instructional strategies for Teaching Science*, welches wiederum in zwei Kategorien aufgeteilt wird: Wissen über allgemeine fachbezogene Strategien (z. B. Einsatz von Lernzirkeln) und Wissen über spezifische themenbezogene Umsetzungsstrategien. Die vierte Komponente ist das *Knowledge of Science Curriculum*. Die fünfte Komponente in dem Modell ist das *Knowledge of Students' Understanding in Science* und umfasst beispielsweise Kenntnisse über Fähigkeiten, Motivation oder Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler. Als sechste und wesentliche Komponente identifizieren Park und Oliver *Teachers Efficacy*, also die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkraft (Park & Oliver, 2008).

Darunter versteht man die Überzeugung einer Person in die eigenen Fähigkeiten und die Erwartung, eine bestimmte Handlung aufgrund der eigenen Fähigkeiten erfolgreich bewältigen zu können (Bandura, 1994).

Überträgt man dieses Modell nun spezifisch auf die Professionalisierung von Lehrkräften hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Chemieunterricht, so könnte man unter der Komponente *Orientations to Teaching Science* die Einstellungen der Lehrkraft zum Einsatz und zur Bedeutung von digitalen Medien im Chemieunterricht sowie die Überzeugungen zur Notwendigkeit des Einsatzes digitaler Medien zusammenfassen (Verweis auf Abbildung 2). Die zweite Komponente *Knowledge of Assessment of Science Learning* bezieht sich auf die Erfassung (fachspezifischer) digitaler Kompetenzen der Lernenden. Die dritte Komponente, das *Knowledge of Instructional strategies for Teaching Science*, könnte man unterteilen in allgemeine methodisch-konzeptionelle Ansätze zum Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht (z. B. Einbindung von Tablets beim Experimentieren) und in themenbezogene Strategien. Die vierte Komponente *Knowledge of Science Curriculum* umfasst sowohl fachdidaktisches als auch curriculares Wissen über fachspezifische digitalitätsbezogene Lernziele, wie z. B. die Erfassung, Bearbeitung und Interpretation von Daten mittels digitaler Messwerterfassungssysteme. Dazu zählt außerdem die Verortung von Fachinhalten

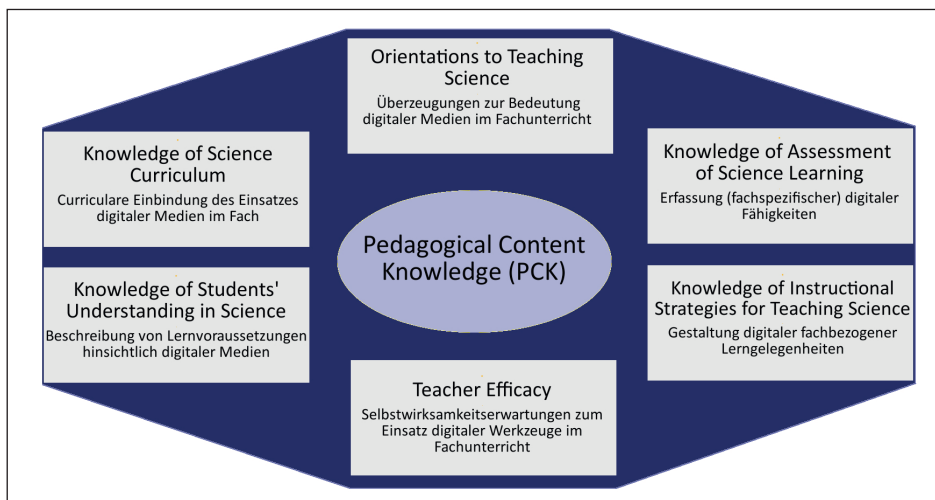


Abb. 2: Fachbezogene Professionalisierung zum Einsatz digitaler Medien (in Anlehnung an Park & Oliver, 2008).

und fachspezifischen digitalitätsbezogenen Inhalten in den curricularen Zusammenhang. Das *Knowledge of Students' Understanding in Science* umfasst die Kenntnisse der Lehrkraft zur Beschreibung der allgemeinen und fachspezifischen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Verwendung digitaler Medien im Chemieunterricht. Die sechste Komponente *Teacher Efficacy* beinhaltet die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkraft, also das Zutrauen in die eigenen Fähigkeiten hinsichtlich der Verwendung digitaler Medien (im Unterricht).

Vogelsang et al. (2019) konnten zeigen, dass Lehramtsstudierende der naturwissenschaftlichen Fächer eine positive Haltung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht aufweisen. Allerdings haben sie keine oder kaum fachspezifische Nutzungsformen digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht in der eigenen Schulzeit kennengelernt und die Selbstwirksamkeitserwartungen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im eigenen Unterricht sind gering ausgeprägt. Zugleich konnte herausgestellt werden, dass sich an der Hochschule gemachte Erfahrungen im Bereich des Einsatzes digitaler Medien besonders positiv auf die Selbstwirksamkeitserwartungen auswirken. Das bedeutet, im Studium sollten ausreichend Lerngelegenheiten angeboten werden, in denen sich die Studierenden in der Rolle des Lernalt selbst aktiv mit verschiedenen digitalen Medien auseinandersetzen. Die Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass auf diese Weise Selbstwirksamkeitserwartungen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht gesteigert werden können (Vogelsang et al., 2019).

Sowohl das TPCK-Modell (Koehler et al., 2013) als auch das adaptierte Hexagonmodell (Park & Oliver, 2008) zeigen, welche breit gefächerten Kompetenzen in der Lehrkräftebildung im Bereich der digitalen Medien vermittelt werden müssen, um angehende Lehrkräfte hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht zu

professionalisieren und so zur Durchführung eines zeitgemäßen Chemieunterrichts zu befähigen.

1. Seminarkonzeption

Um die Studierenden im Rahmen ihres Lehramtsstudiums bestmöglich auf die Gestaltung von Chemieunterricht mit digitalen Medien vorzubereiten, sollen an der Europa-Universität Flensburg in verschiedenen Modulen Lerngelegenheiten zu digitalen Medien und deren Einbindung in die Unterrichtspraxis implementiert werden. Die in diesem Beitrag beschriebene Seminarkonzeption bildet einen Baustein dieses Vorhabens. Die Konzeption bezieht sich auf das erste chemiedidaktische Modul im Bachelorstudium, welches zwei Semester umfasst. Im dritten Fachsemester ist das Seminar „Didaktische Rekonstruktion chemischer Sachverhalte“ verortet, worauf die Ausführungen in diesem Artikel fokussieren. Parallel besuchen die Studierenden eine Lehrveranstaltung zur Einführung in die Chemiedidaktik, in der grundlegende Fragestellungen der Chemiedidaktik (u. a. Schülervorstellungen, Bildungsziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts, Experimente und Modelle) betrachtet werden. Im vierten Semester folgt dann ein weiteres Seminar zur Chemiedidaktik (Konzeption und Gestaltung).

1.1 Struktur und inhaltliche Schwerpunkte

Wie die vorherigen Ausführungen zeigen, sind die Kompetenzen für eine gewinnbringende Einbindung digitaler Medien in den Unterricht breit gefächert. Anzumerken ist dabei, dass der Einsatz digitaler Medien im Unterricht nicht zwangsläufig zu einem Mehrwert, sondern zu veränderten Unterrichtszielen führen kann (Krommer, 2020). Hierauf müssen die Studierenden vorbereitet werden. Durch das gewählte Setting sollen unterschiedliche Bereiche, die sowohl im TPCK-Modell (Koehler et al., 2013) als auch in dem adaptierten Hexagonmodell (Park & Oliver, 2008) benannt werden, bei den Studierenden gefördert werden.

Um Studierende nicht aufgrund dieser Komplexität zu überfordern, steht im Mittelpunkt des Seminars ein exemplarisch ausgewähltes Medium, die Erstellung eines E-Books. Das Thema können die Studierenden frei wählen; es soll lediglich eine Thematik darstellen, die von Schülerinnen und Schülern (auch außerhalb des Curriculums) in der Sekundarstufe I oder II erarbeitet werden könnte. Dieses stellt die Studierenden vor die Herausforderung, sich in die entsprechende Software (in diesem Falle Bookcreator) einzuarbeiten, den fachlichen Inhalt mit dem digitalen Medium des E-Books aufzubereiten und dabei sowohl Grundlagen zum Lernen mit digitalen Medien als auch Grundlagen der Chemiedidaktik einzubeziehen. Die Studierenden erarbeiten sich durch die Erstellung von E-Books in Hinblick auf das TPCK-Modell technisches Wissen und für die von ihnen ausgewählte Thematik Inhaltswissen. Dieses muss gemeinsam mit fachdidaktischen Hintergründen in Verbindung gesetzt werden, um erfolgreich ein E-Book zu erstellen. Um die Studierenden in Hinblick auf

den Erwerb des technischen Wissens zu unterstützen, erfolgt im Seminar zunächst eine Einführung in die verwendete Software Bookcreator. In den darauffolgenden Veranstaltungsterminen werden Grundlagen zum Lernen mit digitalen Medien (u. a. Schanze & Girwidz, 2018) betrachtet. Dieses dient dem Aufbau des technisch-pädagogischen Wissens. Die Studierenden sollen zusätzlich die fachdidaktischen Inhalte bei der Erstellung des E-Books mitberücksichtigen, die im parallel dazu laufenden Seminar zur Einführung in die Chemiedidaktik behandelt werden. Diese orientieren sich an den Facetten, die im Hexagonmodell (Park & Oliver, 2008) benannt werden. Die eigenständige Erstellung eines digitalen Lernmaterials im Kontext eines chemischen Themas erfordert im TPCK-Modell ein Zusammenwirken von technischem, pädagogischem und Inhaltswissen. Diese Verzahnung bietet das Potential, Kompetenzen der Studierenden nachhaltig zu fördern.

Nach zwei Dritteln des Semesters präsentieren die Studierenden in Kleingruppen ihre erste Arbeitsversion des E-Books und erhalten Feedback durch ihre Mitstudierenden. Daraufhin erhalten sie nochmals die Gelegenheit ihr E-Book zu überarbeiten. In der letzten Seminarsitzung des Semesters werden die fertigen E-Books dem gesamten Seminar vorgestellt. Diese Präsentation dient zur Vorbereitung einer Lehrerfortbildung. Im Anschluss an das Semester werden die Studierenden gebeten, ihr erstelltes E-Book im Rahmen einer Lehrerfortbildung erfahrenen Lehrkräften aus der Praxis zu präsentieren und dieses gemeinsam mit den Lehrkräften zu diskutieren. Dadurch erhalten die Studierenden eine Wertschätzung ihrer Arbeit und wirken als Experten für die Erstellung von digitalen Unterrichtsmaterialien am Beispiel der E-Books (Peuker, 2020). Gleichmaßen bekommen die Studierenden eine Rückmeldung zu ihrem E-Book aus der Unterrichtspraxis, welches sich wiederum positiv auf deren Reflexionskompetenz auswirken kann. Vor allem bietet die Einbindung in die Lehrerfortbildung das große Potential, die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden zu fördern, welche einen wesentlichen Bereich des PCK nach Park und Oliver (2008) darstellen. Die erstellten E-Books sollen zudem interessierten Lehrkräften als OER zur Verfügung gestellt werden, um auf diese Weise nachhaltig und innovativ auf die Unterrichtspraxis einzuwirken.

Der Fokus des Seminars liegt auf der Erstellung von E-Books und weniger auf dem Einsatz dieser im Unterricht. Durch die Einbindung in eine Lehrerfortbildung können die Studierenden von Lehrkräften eine Rückmeldung erlangen, inwiefern sich das erstellte E-Book für den Einsatz im Unterricht eignet. Darüber hinaus gehen die Studierenden nach diesem Seminar in das Fachpraktikum und haben dort auch gegebenenfalls die Gelegenheit, das Medium E-Book in der Praxis zu erproben.

1.2 Erfahrungen aus der Durchführung des Seminars und erste Evaluation

Das Seminar wird derzeit im Herbstsemester 2020/21 mit 25 Studierenden durchgeführt und durch eine Evaluation begleitet. Bisher haben die Studierenden das E-Book erstellt und die Präsentation im Rahmen der Seminargruppe vorgenommen. Ebenso liegen erste Eindrücke aus der Evaluation vor. Die behandelten Themen (z. B. Feuer-

werk, Weichmacher in Plastik, Süßstoffe, Bombardierkäfer und Wasserstoff als Energieträger) weisen eine große und interessante Breite aus. Die breite Wahl an Themen zeigt sich auch in der Gestaltung der E-Books insgesamt. So nutzen die Studierenden unterschiedliche Materialien und Medien (z. B. Animationen, Audio- oder Videoelemente).

Zur Evaluation des Seminars werden die Studierenden hinsichtlich der Einschätzung ihrer Fähigkeiten im Umgang mit und der Einbindung von digitalen Medien im unterrichtlichen Kontext befragt. Unter anderem werden sie in Form eines offenen Antwortformats um eine Rückmeldung gebeten, inwiefern sich ihre Einstellungen in Hinblick auf die Verwendung von digitalen Medien im Chemieunterricht und ihre eigenen Fähigkeiten im Kontext des Seminars verändert haben, welche Herausforderungen bei der Erstellung des E-Books aufgetreten sind und welche weiteren Hilfestellungen sie sich wünschen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße können nur exemplarisch Ergebnisse beschrieben werden. Erste Ergebnisse skizzieren eine positive Rückmeldung der Studierenden. In der Infobox sind einige Antworten der Studierenden zu den offen gestellten Fragen aufgeführt. Die Ergebnisse deuten an, dass bereits vorhandene positive Einstellungen zum Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht durch das Seminar konstant bleiben und sich einige Studierende in ihrer positiven Haltung bestärkt fühlen. Andere Studierende berichten von einem Abbau ihrer Ressentiments gegenüber dem Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht. Nur vereinzelt finden sich Aussagen, in denen sich eine Skepsis bezüglich digitaler Medien im Chemieunterricht weiterhin widerspiegelt.

Ausgewählte Antworten der Studierenden (wörtliche Zitate)

Frage: Wie hat sich durch das Seminar Ihre Einstellung in Hinblick auf die Verwendung von digitalen Medien im Chemieunterricht geändert?

„Ja, vor dem Seminar hätte ich es für nur schwer umsetzbar gehalten digitale Medien im Chemie Unterricht sinnvoll einzusetzen, das hat sich nun geändert.“

„Ich stand den Einsatz von Digitalen Medien immer positiv gegenüber und das hat sich nicht geändert.“

„Es wurde mir die Angst von den neuen genommen. Sich mit neuen Medien auseinander zu setzen.“

„Ich sehe es als noch wichtiger an aber auch als größere Herausforderung, da ich nun weiß, was alles beachtet werden muss, um es pädagogisch wertvoll zu gestalten.“

„Meine Einstellung hat sich nicht stark verändert, der Chemie Unterricht ist ein praxisbezogenes Fach und sollte meiner Meinung nach nicht groß mit digitalen Medien gestaltet werden. Lernvideos würde ich jedoch gut finden, aber keine digitalen Arbeitsblätter etc.“

2. Ausblick

Insgesamt hat die erste Durchführung des Seminars einen sehr positiven Eindruck hinterlassen. Obwohl durch die Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie der Austausch der Studierenden und dadurch die gegenseitige Hilfestellung stark eingeschränkt ist, werden bei der Erstellung des E-Books sehr wenige Herausforderungen von den Studierenden wahrgenommen. Auf Anregung der Studierenden wird für einen kommenden Durchgang des Seminars ein Tutorial für die Software erstellt werden, um den Einstieg in die Arbeit mit der Software zu erleichtern. Es deutet sich an, dass sich einige Einstellungen der Studierenden nicht verändern. Dieses zeigt die Notwendigkeit, im Laufe des Lehramtsstudiums vermehrt Lerngelegenheiten mit digitalen Medien zu implementieren. Die Gestaltung einer Lehrerfortbildung zum Ende des Seminars steht derzeit noch aus. Wie diese Lehr-/Lernerfahrung von den Studierenden und den teilnehmenden Lehrkräften wahrgenommen wird, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Dabei soll vor allem der von Peuker (2020) genannte Mehrwert sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrkräfte in der Schulpraxis im Mittelpunkt des Interesses stehen.

Literatur

- Angeli, C., Valanides, N. & Christodoulou, A. (2016). Theoretical considerations of technological pedagogical content knowledge. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Hrsg.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (S. 11–30). Routledge.
- Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V.S. Ramachaudran (Hrsg.), *Encyclopedia of human behavior*. Band 4. (S. 71–81). Academic Press.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E. Meier, M., Thoms L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPACK zu DPack – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU journal*, 72 (5), 358–364.
- Koehler, M. J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193 (3), 13–19.
- Krommer, A. (2020). Zum „Mehrwert“ digitaler Medien – Argumente gegen einen irreführenden Begriff. *Friedrich Jahresheft*, 20–21.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38 (3), 261–284. DOI: 10.1007/s11165-007-9049-6.
- Peuker, B. (2020). Forschendes Lernen und Erkenntnistransfer – ein Mehrwert: Wenn Lehramtsstudierende nach dem Forschen andere fortbilden. In A. Eghtessad, T. Kosler & C.

- Oberhauser (Hrsg.), *Transfer Forschung – Schule*. Heft 6. Forschendes Lernen (S. 253–260). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Schanze, S. & Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In D. Krüger., I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (177–192). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4–14.
- Stahl, T. (2017). Innovationstransfer: Die Achillesferse europäischer Entwicklungsprogramme. In D. Schemme, H. Novak & I. Garcia-Wülfing (Hrsg.), *Transfer von Bildungsinnovationen – Beiträge aus der Forschung. Berichte zur Beruflichen Bildung* (S. 179–201). Bonn: wbv.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 115–129. DOI: 10.1007/s40573-019-00095-6.

Einsatz von Augmented Reality

Phasenvernetzt und praxisorientiert vermittelt

*Mareike Freese, Jan Winkelmann, Mark Ullrich,
Albert Teichrew & Roger Erb*

Sowohl das Arbeiten mit Modellen als auch das Experimentieren sind wesentliche Bestandteile der Erkenntnisgewinnung. Im naturwissenschaftlichen Unterricht finden beide Prozesse häufig getrennt voneinander statt. Das digitale Werkzeug Augmented Reality (AR) ermöglicht es, ein reales Experiment zeitgleich durch ein digitales Modell zu überlagern. Die Überprüfung von Modellen wird dadurch direkt im Experiment erfahrbar, was eine neuartige Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten ermöglicht.

An der Goethe-Universität Frankfurt am Main wird im Rahmen des Projekts ‚Digitale Kompetenz beim Modellieren und Experimentieren‘ (diMEx) ein Aus- bzw. Fortbildungskonzept für (angehende) Lehrkräfte als Lehrveranstaltung entwickelt und evaluiert. Im Mittelpunkt steht die Konzeption und Nutzung von AR-Lerngelegenheiten im experimentierbasierten Physikunterricht. Das interdisziplinäre Gesamtprojekt ‚Digi_Gap‘ wird im Rahmen der gemeinsamen ‚Qualitätsoffensive Lehrerbildung‘ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

1. Didaktischer Hintergrund

1.1 Modelle und Modellkompetenz

Modelle als Medien und Arbeitsweise der Naturwissenschaft bilden gemeinsam mit Experimenten die Grundlage der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (vgl. u. a. Winkelmann, 2019, Teichrew & Erb, 2020a). Daher sind sie auch als Teil dieses Kompetenzbereichs in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz festgelegt (KMK, 2005). Studien zeigen jedoch, dass die Modellkompetenz von Lehrkräften ausbaufähig ist (Gilbert & Justi, 2016) und das Modellverständnis häufig nicht über eine direkte Relation zwischen Original und Modell hinausgeht (Meisert, 2008).

1.2 Augmented Reality

Augmented Reality (AR, erweiterte Realität) ist ein computergestütztes Hilfsmittel, welches die Erweiterung von realen Umgebungen um eine virtuelle Komponente in Echtzeit ermöglicht. Dabei wird eine Kameraaufnahme oder das Sichtfenster einer

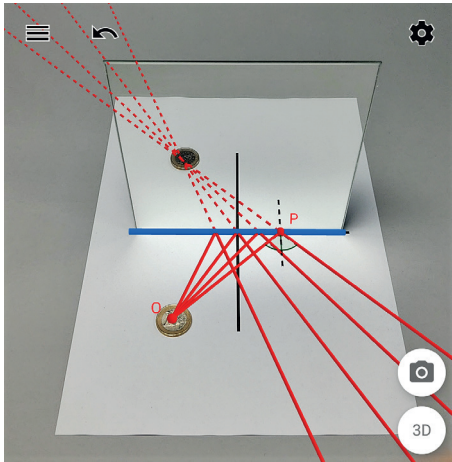


Abb. 1:
Experimenteller Aufbau, gesehen durch ein Smartphone während eines AR-Experiments zur Bildentstehung am ebenen Spiegel (Teichrew & Erb, 2020b).

Brille digital überlagert, sodass sich die virtuelle Information auf natürliche Weise über das reale, bewegte Bild legt. Somit kann AR in das Spektrum der Mixed Reality (Milgram et al., 1994) eingeordnet werden. AR wird in vielen Bereichen genutzt, wie z. B. als Unterhaltungselektronik, zur Navigation und zu Werbezwecken, aber auch in Medizin, Forschung (Carmigniani & Furht, 2011) und in der Schule.

Eine Möglichkeit, um abstrakte Konzepte besser zu verstehen, bieten dynamische Modelle, die mithilfe von AR über real durchgeführte Experimente gelegt werden (Teichrew & Erb, 2020b, 2020c). Nach diesem Vorschlag wird zunächst das virtuelle Modell erstellt, anschließend das reale Experiment aufgebaut und durchgeführt. Erst am Ende werden beide Komponenten überlagert und verglichen, wodurch Experiment und Modellierung verknüpft werden. Diese Durchführung verhindert, dass durch die virtuelle Erweiterung mehr Objekte beachtet werden müssen als rein real, und es dadurch zu einem höheren Extraneous Cognitive Load kommt (Thees et al., 2020). AR-Experimente dieser Art sind auch in anderen Fächern denkbar, z. B. in Chemie (vgl. u. a. Huwer et al., 2019).

Die Grundlage für die Erstellung digitaler, dynamischer und interaktiver AR-Experimente bietet die App ‚GeoGebra 3D Rechner‘. Sie ist für AR-fähige Smartphones und Tablets kostenlos nutzbar und es lassen sich in GeoGebra ([geogebra.org](https://www.geogebra.org)) erstellte Modelle über die Kamera auf eine beliebige Fläche legen und sich dann mit Wischgesten und Schiebereglern an das real aufgebaute Experiment anpassen (Teichrew & Erb, 2020b). Ein Beispiel für ein solches AR-Experiment aus der Strahlenoptik ist in Abbildung 1 zu sehen.

2. Zielsetzung

Das Ziel der Lehrveranstaltung ist die Förderung von Digitalisierungs- und Modellkompetenzen angehender Physiklehrkräfte. Dabei steht im Zentrum, inwiefern eine Kombination von realen Experimenten mit digitalen Modellierungen in einer

AR-Umgebung sowie die Reflexion über den Entstehungsprozess von Modellen und die dazugehörigen Idealisierungen zu einem verbesserten Umgang mit diesen im Physikunterricht beitragen. Die Kompetenzförderung der Zielgruppe orientiert sich zunächst am TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006). Ausgehend vom Umgang mit digitalen Medien in Form der App und der Geräte (TK) werden die Teilnehmenden in der Unterrichtsplanung mit digitalen Medien geschult (TPK). Dazu werden sowohl die Demonstration der Modelle als auch das eigenständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler ermöglicht. Durch die Anwendung von GeoGebra kennen und entwickeln die Teilnehmenden digitale Modellierungen fachlicher Inhalte (TCK). Die AR-Experimente sind schließlich die effektive Anwendung digitaler Medien im Fachunterricht (TPACK). So soll eine bestmögliche didaktische Nutzung von AR als Hilfsmittel angestrebt werden, indem der Physikunterricht umgestaltet wird. Dabei soll auch der Kreislauf der Erkenntnisgewinnung (Teichrew & Erb, 2020a) vermittelt werden (Phänomen – Modell – Hypothese – Experiment).

Auf Grundlage einer im Vorfeld durchgeführten Bedarfsanalyse unter praktizierenden Physiklehrkräften zu ihren Erfahrungen mit und Einstellungen zu digitalen Medien im Physikunterricht (Freese et al., 2021) finden regelmäßige Lehrkräftefortbildungen statt, um die Zielgruppe auf die dritte Phase der Lehrkräftebildung auszuweiten.

3. Durchführung und Verlauf

Geplant ist ein semesterbegleitendes Hochschulseminar, in dem Studierende mit der grundlegenden Nutzung von GeoGebra vertraut gemacht werden und darauf aufbauend AR-Experimente aus verschiedenen Themenbereichen der Physik (Optik, E-Lehre, Mechanik) entwickeln sollen. Dabei steht die Förderung der digitalen und Modellkompetenzen im Vordergrund, indem ein Unterrichtskonzept entwickelt und erprobt wird, das den Einsatz von AR-Experimenten im Physikunterricht in den Fokus stellt. Im Verlauf des Seminars wechseln sich Online-Selbstlernphasen zur Wissensvermittlung und Präsenzsitzungen für die angeleitete Produktion von AR-Experimenten sowie Reflexion und Feedback zu den Lernprodukten ab. Tabelle 1 zeigt den Verlauf mit den inhaltlichen Schwerpunkten sowie den Lernaktivitäten und -zielen der einzelnen Phasen in den beiden Lerneinheiten. Zwischen den Lerneinheiten 1 und 2 erhalten die Studierenden die Möglichkeit, ihre AR-Experimente im realen Physikunterricht der Mittelstufe praktisch zu erproben (Praxisphase).

4. Evaluation

In der Lehrveranstaltung sollen im Rahmen von diMEx drei Konstrukte untersucht werden. Die Modellkompetenz (1) der Studierenden wird erst quantitativ mit Vignetten, danach qualitativ mit Interviews getestet. Dabei wird auch die Bereitschaft der Teilnehmenden bezüglich der Implementierung von Modellen im Physikunterricht

Tab. 1: Seminarplan „Einsatz von AR-Experimenten im Physikunterricht“.

Lerneinheit (LE)/Phase Dauer der Phase	Inhalt	Lernaktivitäten Lernziel
LE 1/Präsenzphase 1 1 Sitzung	Demonstration	Kennenlernen von GeoGebra, den AR-Experimenten und dem Kreislauf der Erkenntnisgewinnung. Ziel: Die Studierenden kennen die Anwendung, welche das Erstellen von AR-Experimenten ermöglicht.
LE 1/Onlinephase 1 2 Sitzungen	Wissensvermittlung/ Theorie	Erstellen eines Unterrichtsentwurfs mit demonstriertem AR-Experiment aus erster Präsenzphase. Ziel: Die Studierenden haben einen strukturierten Entwurf, der ein AR-Experiment im Unterricht fokussiert.
LE 1/Präsenzphase 2 3 Sitzungen 1 Sitzung	Produktion Peer Feedback	Angeleitetes Erstellen eigener AR-Experimente, Einbettung in Unterrichtsentwurf für praktische Erprobung. Gemeinsame Besprechung der AR-Experimente und Entwürfe. Ziel: Die Studierenden sind in der Lage, eigene AR-Experimente zu erstellen und diese in einen Unterrichtsverlauf einzubetten.
Praxisphase 2 Sitzungen	Erprobung der Unterrichtseinheit	Möglichkeit der praktischen Erprobung im Physikunterricht im Rahmen eines Schulbesuchs oder Schülerlabors. Ziel: Die Studierenden sammeln wertvolle Erfahrungen beim Einsatz eines eigenen Unterrichtsentwurfs, in dessen Zentrum ein AR-Experiment steht.
LE 2/Präsenzphase 3 1 Sitzung	Reflexion/ Feedback	Reflexion der erprobten Unterrichtseinheit und allgemeines Feedback zur Überarbeitung. Ziel: Die Studierenden erhalten Rückmeldung zu ihrem Unterricht und können diesen reflektieren.
LE 2/Onlinephase 2 3 Sitzungen	Wissensvermittlung	Überarbeitung/Neukonzipierung des Unterrichtsentwurfs auf Grundlage von Erfahrung und Feedback als Prüfungsleistung. Ziel: Die Studierenden können selbstständig Unterricht mit AR-Experimenten planen und begründen.

betrachtet. Die digitalen Kompetenzen (2) werden ebenfalls qualitativ mit Interviews gemessen, die erarbeiteten Lernprodukte (AR-Experimente) werden für konstruktives Feedback zudem fachlich bewertet, um die Entwicklung der Teilnehmenden zu evaluieren. Zuletzt sollen die Einstellungen (3) der Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge im Physikunterricht quantitativ zu mehreren Zeitpunkten erfasst werden.

Allgemein wird erwartet, dass digitalisierte Lernkontexte in der Lehrkräfteausbildung geschaffen werden und speziell AR-Experimente durch die curriculare Einbindung der Lehrveranstaltung verstärkten Einzug in den Schulalltag finden.

Literatur

- Carmigniani, J. & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. In B. Furht (Hrsg.), *Handbook of Augmented Reality* (S. 3–46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1
- Freese, M., Winkelmann, J., Teichrew, A. & Ullrich, M. (2021). Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik 2020* (S. 390–393).
- Gilbert, J. K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3>
- Huwer, J., Lauer, L., Dörrenbacher-Ulrich, L., Perels, F. & Thyssen, C. (2019). Chemie neu erleben mit Augmented Reality. Neue Möglichkeiten der individuellen Förderung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 72(5), 420–427.
- Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Luchterhand.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 245–261.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020a). Lernen mit Modellen und Experimenten. Von der Beobachtung zur Erkenntnis am Beispiel des Regenbogens. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 73(6), 481–486.
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020b). How Augmented Reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55, 065029. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020c). Augmented Reality-Experimente mit GeoGebra. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2020* (S. 361–367).

- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P. & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- Winkelmann, J. (2019). Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. In H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 2019 (S. 227–231).

Chemiedidaktik trifft Mediendesign

Anwendung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen

Stefanie Herzog, Ilka Parchmann, Silke Rönnebeck & Roman Adler

Eine zielführende digitale Unterstützung von Bildungsprozessen ist derzeit für alle Fächer ein bedeutsames Querschnittsthema. Wie können Lehrkräfte an Potenziale der Auswahl, Nutzung, Gestaltung und Weiterentwicklung ihrer Arbeitsmaterialien und didaktischen Unterrichtsinszenierungen herangeführt werden? Dazu bedarf es einer Klassifizierung der Ansätze mit dem Blick auf Ziele und eine wirksame Tiefenstruktur der vorbereiteten Lernprozesse. Ebenso müssen digitale Kompetenzen so in Studium und weitere Phasen der professionellen Entwicklung eingebunden werden, dass sie nicht additiv bleiben, sondern mit fachbezogenen didaktischen Leitlinien verbunden werden. Medien sind folglich kein Selbstzweck, sondern sollen zur Umsetzung übergreifender oder fachbezogener Zielsetzungen beitragen. Der Ansatz des Cognitive Apprenticeship (z. B. Oriol et al., 2010) bietet ein mögliches Strukturmodell für eine solche Verflechtung von Mediengrundbildung und Fachdidaktik insbesondere mit Blick auf die Weiterentwicklung von Materialien.

1. Medienpotenziale in der Chemiedidaktik

Aus Sicht der Chemiedidaktik können Medien u. a. klassische Methoden der Erkenntnisgewinnung unterstützen (z. B. durch digitale Messwerterfassungssysteme), neue Einblicke in abstrakte Konzepte bieten (Bsp. VR/AR-Darstellungen von Molekülen) oder Arbeitsweisen der Chemie selbst darstellen (Bsp. Simulationen der Theoretischen Chemie). Auch für die Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden bieten sie Möglichkeiten, etwa über die Erstellung und gemeinsame Diskussion von Erklär- und Experimentiervideos. Mit Blick auf die Vielfalt vorhandener Medien müssen Lehrkräfte diese zielorientiert einsetzen können, um bei den Lernenden durch eine kritische Auseinandersetzung mit verschiedenen Medien Kommunikations- oder Bewertungskompetenz zu fördern. Dazu müssen zukünftige Lehrkräfte zunächst selbst erfahren, wie dies gelingen kann. Noch ist die systematische und auf die Umsetzung in der Schule fokussierte Lehrkräftebildung insbesondere mit Blick auf digitale Medien überaus lückenhaft (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2020). Die Vermutung, man müsse heutigen Studierenden nichts über Mediennutzung beibringen, trägt dabei nicht: Obwohl fast alle Studierenden ein eigenes Smartphone besitzen (z. B. mpfs, 2018), sind sie längst nicht die Digital Natives, für die sie oft gehalten werden. Insbesondere Lehramtsstudierende, auch der Naturwissenschaften, sind

nicht überaus aufgeschlossen gegenüber Digitalem (Schmid et al., 2017; Vogelsang et al., 2019). Umso wichtiger scheint es, „[neue] Technologien und ihre potenziellen Anwendungsmöglichkeiten im Unterricht auch in die fachdidaktische Lehre zu integrieren“ (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2020, S. 6, vgl. hierzu auch KMK, 2016). Zur praktischen Umsetzung steht dafür z. B. für die Naturwissenschaften – das Konzept *Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN* zur Verfügung, in dem verschiedene Kompetenzen dargelegt werden, die Lehrende im Hinblick auf digitale Bildung erwerben sollen. So wird von Lehrenden u. a. gefordert, im Kompetenzbereich Dokumentation „Fotos, Bilder und Videos aufzunehmen, zu bearbeiten und einzubinden [...] sowie Abläufe und Sinnzusammenhänge darzustellen“ (AG Digitale Basiskompetenzen, 2020, S. 20) oder im Kompetenzbereich Simulation und Modellierung „Wissen über Grenzen und Potenziale von Modellen und Simulationen im Erkenntnisgewinnungsprozess“ (ebd., S. 25) zu erwerben und anzuwenden.

2. Umsetzung der Lehrveranstaltung

Aufbauend auf die obigen Ausführungen wurde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel für Masterstudierende des Lehramts ein Seminar entwickelt, das mit der fachdidaktischen Reflexion von Medien beginnt und in die eigene Erstellung exemplarischer Medien mündet; angelehnt an den Rahmen des Cognitive Apprenticeship. Das Seminar wurde im Sommersemester 2020 rein digital umgesetzt. Die Studierenden untersuchten zunächst klassische Medien wie Schulbuchtexte, Arbeitsblätter und populärwissenschaftliche Texte nach folgenden fachdidaktischen Merkmalen (s. Online-Supplement A¹: Abbildung zum Seminarablauf): Umgang mit Fach- bzw. Alltagssprache, explizite Einbindung von bekannten Vorstellungen der Lernenden z. B. zur kognitiven Aktivierung und Darstellung von Nature-of-Science-Aspekten. Diese Phase diente dem Herausarbeiten bedeutsamer Kriterien für eine Bewertung verschiedener Medien mit Blick auf Ziele und wirksame Tiefenstrukturen des Chemieunterrichts.

Da der Großteil der heutigen Lernenden Videos im Internet (z. B. YouTube-Videos) als zentrales Medium zur Wissenswiederholung nutzt (Rat für Kulturelle Bildung, 2019), reflektierten die Studierenden zunächst Videos mit Blick auf deren fachdidaktische Potenziale. Dazu wurden verschiedene Beispiele von Realfilmen und Animationen gesichtet, die chemische Phänomene erklären. Die Diskussionen im Plenum griffen neben den o. g. fachdidaktischen Merkmalen z. B. auch die Abstimmung des Mediums mit konkreten Lernzielen, die inhaltliche Komplexität oder die Vor- und Nachteile bestimmter Modelle und Repräsentationsebenen auf. Die fachdidaktische Reflexion floss dann in eine vergleichende Bewertung verschiedener Medien anhand des gewählten Charakterisierungsschemas nach Ropohl et al. (2018) ein,

1 Ergänzendes Material steht unter www.waxmann.com/buch4349 zum Download zur Verfügung.

bei der neben Tiefenstrukturmerkmalen zu Potenzial des Mediums vor fachlichem Hintergrund und Funktion des Einsatzes im fachlichen Lernprozess auch Sichtstrukturmerkmale berücksichtigt wurden (s. Online-Supplement B: exemplarische Charakterisierung).

An diese erste Phase der Reflexion schlossen sich zwei Blocktermine an, die dem Cognitive-Apprenticeship-Modell folgend den Blick auf die eigene Mediengestaltung und Einbettung legten. Hier erhielten die Studierenden von einem erfahrenen Mediengestalter zunächst einen technischen sowie mediengestalterischen Input zur Videographie von Experimenten per Smartphone (s. Online Supplement C) im Sinne eines Modelling, bei dem u. a. das Prinzip des Drehbuch-Erstellens, die Einstellungen in der Aufnahmesoftware bzw. am Aufnahmegerät wie Auflösung, Bildrate oder Aufnahmeformat sowie Bildbearbeitungstechniken demonstriert wurden. Ebenfalls wurde eine Möglichkeit vorgestellt, eigene Erklärungen mit Hilfe von animierten PowerPoint-Folien zu generieren. Am zweiten Blocktermin erhielten die Studierenden von einer eingeladenen Expertin Informationen zu Open Educational Resources und Creative Commons-Lizenzen (s. Online Supplement D).

In die Blocktermine wurden auch Phasen der eigenen Erprobung entlang eines Scaffoldings und Coachings eingeplant, in denen die Studierenden die Möglichkeit hatten, selbst kurze Videos von Heimexperimenten zu rudimentären Phänomenen des Chemieunterrichts wie Wasserkochen, Bildung farbiger Schlieren oder Anzünden einer Kerze zu erstellen, Animationen zu den Erklärungen zu skizzieren bzw. selbst im Internet für verschiedene Medien Lizenzen zu recherchieren. Die Ergebnisse wurden im Plenum präsentiert und gemeinsam mit den Expertinnen und Experten reflektiert.

Die abschließende Prüfungsleistung als Fading beinhaltete sowohl die auf Basis des o.g. Charakterisierungsschemas und der thematisierten fachdidaktischen Merkmale kriteriengeleitete Bewertung zweier selbstgewählter Medien zu einem thematischen Aspekt des Chemieunterrichts als auch die aus den dort identifizierten Nachteilen abgeleitete eigene exemplarische Erstellung eines Mediums.

Im nachfolgenden Semester folgte die Erprobung eines digital unterstützten Lehrens und Lernens im Rahmen des Praxissemesters. Die Umsetzung im Sinne eines Microteachings mit Begleitung in Anlehnung an ein Coaching in der Kieler Forschungswerkstatt konnte pandemiebedingt nicht stattfinden.

3. Erste Erkenntnisse aus der Umsetzung

Die Durchführung bestätigte die großen Lernbedarfe der Studierenden mit Blick auf (digitale) Medien. Bezogen auf die Lizenzierung von Bildern oder Videos im Internet gaben viele Studierende an, dass sie sich diesbezüglich für die Verwendung im Unterricht noch keine Gedanken gemacht hätten bzw. der Meinung gewesen waren, die Angabe des Fundortes einer Quelle als Zitation würde die Nutzung in eigenem Unterrichtsmaterial automatisch legitimieren.

Die Diskussion der im Internet gefundenen und selbst erstellten Erklärvideos zeigte zudem die Notwendigkeit einer fachdidaktischen Reflexion und die sehr unterschiedlichen Eignungen für eine Nutzung mit Blick auf Lernziele und -gruppen. Die Kriterien der kognitiven Aktivierung und Reflexion von Vorstellungen der Lernenden einerseits sowie von Lernzielen aus den Bereichen Fachwissen und Nature of Science andererseits wurden von den Studierenden sowohl für den Vergleich der Medien als auch für die eigene Umsetzung angewandt. Während ersteres durchaus gut gelang, zeigte letzteres eher zwei Pole: Ein Teil der Studierenden gestaltete der eigenen Reflexion folgend tatsächlich Potenziale der digitalen Medien im Sinne des Cognitive Apprenticeship begründet aus; ein anderer Teil blieb bei sehr klassischen Ansätzen von Arbeitsblättern entgegen vorheriger eigener Argumentation.

Insbesondere im Hinblick auf die eigene Videoerstellung wurde deutlich, dass diese auf Seiten der Studierenden dazu führen kann, den erwarteten Ablauf der Experimente im Vorfeld genauer zu durchdenken, als dies manchmal beim Abarbeiten eines Skripts im Praktikum der Fall ist. Auch die Effekte, mit denen ein Experiment wirken soll, wurden genau erörtert, etwa antizipierte Lichterscheinungen und deren Darstellung über verschiedene Winkel und mit unterschiedlicher Nähe. Darauf aufbauend erkannten die Studierenden im Nachhinein, wo sowohl verfügbare als auch eigene Videos Schwachstellen enthielten, die auch bei Demonstrationsexperimenten berücksichtigt werden müssen, so z. B. ablenkende Hintergründe oder nicht verwendete Materialien (vgl. u. a. Pfeifer et al., 2002).

Mit Blick auf die Rahmenstruktur des Cognitive Apprenticeship wurde das Modell und Scaffolding durch die Einbindung externer Expertisen, die auf die Thematik mit ihrer jeweiligen Brille schauten und hilfreiche übergreifende Impulse liefern konnten, von den Studierenden als sehr gewinnbringend rückgemeldet. Die eigene Umsetzung im Sinne des Fadings zeigte jedoch, dass hier Impulse im Sinne einer intrinsischen Motivation wegen der pandemiebedingten Notwendigkeit eines digitalen Lernens im folgenden Praxissemester allein nicht ausreichten, um bei allen Studierenden zeitliche oder der eigenen fehlenden Kompetenzwahrnehmung geschuldete Barrieren für die Weiterentwicklung klassischer Materialien im Sinne der Kriterien wirksamen Unterrichts (hier exemplarisch für die kognitive Aktivierung, die Reflexion von Vorstellungen der Lernenden und die Zielorientierung) zu überwinden. Hier wird in den folgenden Semestern für die Überarbeitung dieses ersten Pilotdurchgangs angesetzt, u. a. durch eine zweite Phase des begleiteten Übens und ein peer to peer scaffolding.

Literatur

AG 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 – Orientie-*

- runghilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung.
- Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (2020). Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium – eine Einführung. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 4–7). Joachim Herz Stiftung.
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz. Bildung in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf
- mpfs (2018). *JIM-Studie 2018 – Jugend, Information, Medien*. mpfs.
- Oriol, M. D., Tumulty, G., & Snyder, K. (2010). Cognitive apprenticeship as a framework for teaching online. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 6(1), 210–217.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H.-J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Oldenbourg.
- Rat für Kulturelle Bildung e. V. (2019). *JUGEND/YOUTUBE/KULTURELLE BILDUNG. HORIZONT 2019*. Rat für Kulturelle Bildung e. V.
- Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU*, 71(3), 148–155.
- Schmid, U., Goertz, L., Behrens, J., Michel, L. P., Radomski, S. & Thom, S. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter*. Bertelsmann-Stiftung.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>

Zusatzmaterial: Chemiedidaktik



Mit interdisziplinärer Teamarbeit und digitalen Medien zum sprachbewussten Unterricht

Monika Angela Budde & Maike Busker

Aktuell ist Schule mit zwei Herausforderungen befasst: die zunehmende Heterogenität an Schulen und die Gestaltung digitaler Lernmöglichkeiten. Beide lassen sich miteinander verzahnen. Die verschiedenen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und die Aufgabe der individuellen Förderung müssen berücksichtigt werden und gleichermaßen ergeben sich durch die Einbindung von digitalen Medien neue Möglichkeiten für die differenzierende und individualisierende Unterrichtsgestaltung. Während auf der einen Seite digitale Medien das Potential besitzen, eine individuelle Förderung (auch in sprachlichen Fähigkeiten) zu begünstigen, steht auf der anderen Seite die Befürchtung, die sprachliche Entwicklung zu beeinträchtigen. Ebel (2015) nennt die Befürchtung von Lehrkräften, dass digitale Medien Schülerinnen und Schüler vom „fachlichen Inhalt ablenken und sich negativ auf die Entwicklung sprachlicher und mathematischer Grundfertigkeiten auswirken könnten“ (Ebel, 2015: S. 13). Es stellen sich zwei Fragen: a) unter welchen fachdidaktischen Bedingungen können digitale Medien in einem Lehr-Lernarrangement zum Einsatz kommen, um den Herausforderungen zu begegnen, ohne gleichzeitig die genannten Gefahren zu ignorieren, und b) wie finden Antworten darauf in der Lehrerprofessionalisierung ihren Platz?

Eine Dimension an heterogenen Lernvoraussetzungen bezieht sich auf die sprachlichen Fähigkeiten der Kinder und Jugendlichen. Diese findet sowohl in der universitären Lehramtsausbildung als auch im sprachbewussten naturwissenschaftlichen Fachunterricht bereits Berücksichtigung und bezieht sich auf die Professionalisierung zur Gestaltung von Fördermaßnahmen, um den Erwerb fachübergreifender und fachspezifischer sprachlicher Mittel zu unterstützen. Mit dem Ansatz Fach-ProSa (Fachbezogene Professionalisierung zur Sprachförderung (Budde & Busker, 2016) wird herausgestellt, dass eine Vorbereitung von Studierenden auf die Aufgabe der Sprachförderung im Fachunterricht im Kontext des jeweiligen Fachs erfolgen muss und dabei interdisziplinär ausgerichtete Lerngelegenheiten (Fachdisziplin und Fach Deutsch) ein hohes Wirkungspotential versprechen. Digitale Medien könnten eine individualisierte sprachbewusste Förderung begünstigen. Durch die Entwicklung eines Seminarkonzepts, in dem Lehramtsstudierende in interdisziplinären Teams der Frage nach einer individuellen Förderung (hier mit dem Fokus auf sprachliche Bildung) mit Hilfe von digitalen Medien nachgehen, soll dieses weitere Lernpotential erforscht werden.

1. Lernen mit digitalen Medien und Sprachförderung als Gegenstand der Lehrprofessionalisierung

1.1 Theoretische Grundlegungen

Mit der Frage, über welche Kompetenzen Lehrpersonen verfügen sollten, um Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern mit Hilfe von digitalen Medien sinnvoll zu gestalten, setzen sich verschiedene Arbeiten auseinander. Die Überlegungen gehen häufig von dem von Shulman (1986) eingeführten Konstrukt „pedagogical content knowledge“ (PCK) aus. Dieses beschreibt Shulman (1986) als Amalgam von pädagogischem und fachbezogenem Inhaltswissen. Beim „Technological Pedagogical Content Knowledge Modell“ (TPCK) (u. a. Mishra & Koehler, 2006, Koehler et al., 2013) wird dieses Konstrukt um den Bereich des technologischen Wissens ergänzt. Durch das Zusammenwirken von pädagogischem und technologischem Wissen ergibt sich der Bereich des technologischen pädagogischen Wissens. In diesem Bereich wird das Wissen, wie einzelne Technologien auf das Lehren und Lernen einwirken, subsumiert. Die Überschneidung der Bereiche des technologischen Wissens und des fachbezogenen Inhaltswissens ergibt den Bereich des technologischen Inhaltswissens. Als die Überschneidung aller drei Bereiche (technologisches Wissen, pädagogisches Wissen und fachbezogenes Inhaltswissen) wird das technologisch-pädagogische Inhaltswissen herausgearbeitet (Koehler et al., 2013).

Für die naturwissenschaftlichen Fächer liegt mit DiKoLAN (Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften) (Becker et al., 2020) ein konkreter Vorschlag für einen Kompetenzrahmen vor, in dem Fähigkeiten von Lehrkräften benannt sind, die für eine gelungene Einbindung von digitalen Medien im Unterricht benötigt werden. Die darin aufgeführten Basiskompetenzen werden vier Schwerpunkten (Unterricht, Methodik und Digitalität, fachwissenschaftlicher Kontext, spezielle Technik) sowie sieben Bereichen (u. a. Präsentation, Simulation und Modellierung) zugeordnet (Becker et al., 2020).

Sowohl im TPCK-Modell als auch im Kompetenzrahmen DiKoLAN wird deutlich, dass Lehrpersonen und Lehramtsstudierende grundsätzlich über ein breites Spektrum an Kompetenzen verfügen müssen, um digitale Medien im Unterricht gewinnbringend einsetzen zu können. Diese sind eng mit dem jeweiligen Fachkontext verwoben. Eine ausschließlich allgemeine, fachübergreifend gefasste Betrachtung von digitalen Medien und deren Einsatz im Unterricht greift zu kurz. Vielmehr ist die didaktisch-methodische Kontextualisierung durch das jeweilige Unterrichtsfach notwendig, um fachliche und fachdidaktische Anforderungen berücksichtigen zu können.

1.2 Das Modell Fach-ProSa

Dies gilt gleichermaßen für die Professionalisierung von Lehrpersonen zur Sprachförderung im Fachunterricht. Das Lernen von Sprache und Fach ist eng miteinander verzahnt; im jeweiligen Fach wird eine spezifische Fachsprache verwendet. Sprach-

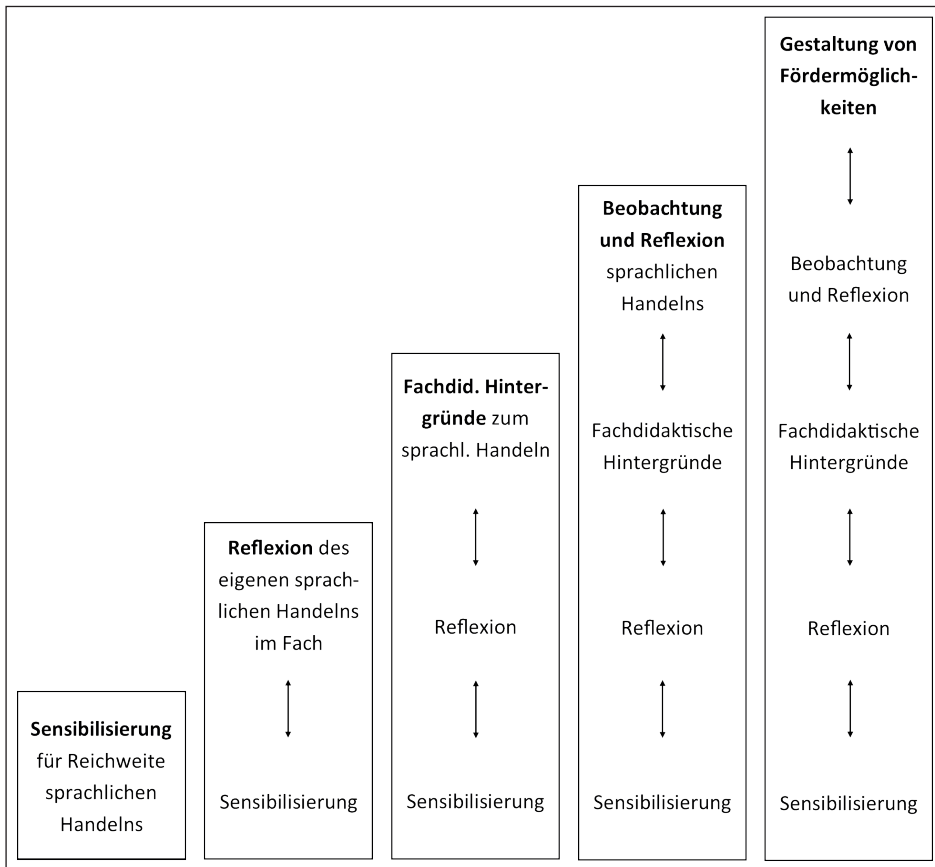


Abb. 1: Kumulativer Ansatz zur Professionalisierung zur Sprachförderung (Budde & Busker, 2016)

förderung muss im Kontext des jeweiligen Fachunterrichts fachbezogen erfolgen und entsprechend fachdidaktisch modelliert werden. Die Verzahnung von sprachlichem und fachlichem Lernen und die didaktische Einbindung wird im Modell Fach-ProSa (Budde & Busker, 2016) für die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden vorgenommen. Dem Modell liegen das Konstrukt PCK (Shulman, 1986) und seine Übertragung von Park und Oliver (2008) für die naturwissenschaftlichen Disziplinen zugrunde. Dort werden sechs Facetten des PCK ausgewiesen (Knowledge of Science Curriculum, Knowledge of Students' Understanding, Knowledge of Assessment, Knowledge of Instructional Strategies sowie Orientation to Science Teaching und Teacher Efficacy). Das Modell Fach-ProSa transferiert diese Facetten auf sechs Bereiche, in denen Studierende Kompetenzen zur fachbezogenen Sprachförderung erwerben sollen. Hierzu zählen: (1) Curriculares Wissen zu fachlichen und sprachlichen Lernzielen, (2) Wissen über die sprachlichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern, (3) Wissen über Diagnosemöglichkeiten für sprachliche Fähigkeiten, (4) Wissen über Gestaltungsmöglichkeiten von Sprachförderung und (5) Überzeugungen

zur Bedeutung von Sprache im Fach(unterricht) sowie (6) Selbstwirksamkeitserwartungen in Hinblick auf Sprachförderung (Budde & Busker, 2016). In der Lehramtsprofessionalisierung ist nach diesem Modell vorgesehen, dass die Studierenden im Laufe ihres Studiums mehrere Lerngelegenheiten in den jeweiligen Bereichen erhalten und Kompetenzen von einer Sensibilisierung für die Reichweite sprachlichen Handelns hin zum Wissen um Gestaltungsmöglichkeiten von Fördermöglichkeiten erwerben (Abbildung 1).

In diesen kumulativen Aufbau kann grundlegend die fachliche, fachdidaktische, sprachbildende und technologische Auseinandersetzung mit digitalen Medien eingebunden werden. Eine Konkretisierung wird durch ein interdisziplinäres Seminar vorgenommen, mit dem Ziel, professionelle Kompetenzen auszubilden, um fachbezogene sprachliche Fähigkeiten individuell mittels digitaler Medien fördern zu können.

2. Gestaltung eines Seminars mit interdisziplinärer Teamarbeit zur Sprachförderung

2.1 Organisatorischer und inhaltlicher Aufbau

Das Seminarkonzept richtet sich an Lehramtsstudierende mit dem Fach Chemie und Lehramtsstudierende mit dem Fach Deutsch. Das Seminar wird standortübergreifend angeboten. Von der Europa-Universität Flensburg nehmen Studierende im Fach Chemie teil, von der Universität Vechta Studierende im Fach Deutsch. Die Studierenden der Europa-Universität Flensburg studieren im Bachelor-Studiengang Bildungswissenschaften und nehmen an einem Seminar zur Vorbereitung auf das Fachpraktikum im Teilstudiengang Chemie teil. Die Studierenden an der Universität Vechta studieren Germanistik im BA-Studium im 5. Fachsemester und belegen mit Aussicht auf die Option Lehramt eine Lehrveranstaltung zur Schreibdidaktik.

Im Mittelpunkt der Seminarkonzeption steht die Arbeit der Studierenden in einem interdisziplinären Team, in der eine digitale Lernumgebung zur Sprachförderung erarbeitet wird. Das Semester ist in drei Phasen unterteilt (siehe Abbildung 2). Die Vorbereitung der Studierenden erfolgt hierzu anfangs in den beiden Fächern getrennt. Die Studierenden im Fach Chemie setzen sich zunächst mit der Planung einer Unterrichtseinheit im Fach Chemie auseinander. Hierzu wird das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (Schmidkunz & Lindemann, 1992) anhand verschiedener Beispiele vorgestellt und diskutiert. Daraufhin entwerfen die Studierenden in Zweierteams eine Unterrichtseinheit zu einem Thema des Chemieunterrichts, das sie frei wählen können. Die Studierenden im Fach Deutsch setzen sich mit didaktischen Modellen zum Schreiben und mit Formaten zur Förderung der Schreibkompetenz auseinander (u. a. Becker-Mrotzek & Böttcher, 2012; Pohl & Steinhoff, 2011). Sie lernen die Berücksichtigung der Teilprozesse des Schreibens kennen, reflektieren über die verschiedenen Funktionen des Schreibens im Allgemeinen und im Besonderen im Fachunterricht, beschäftigen sich mit spezifischen Schreibformaten, die insbesondere die sprachlichen Handlungsmuster in der Schule (bzw. die Diskursfunktionen)

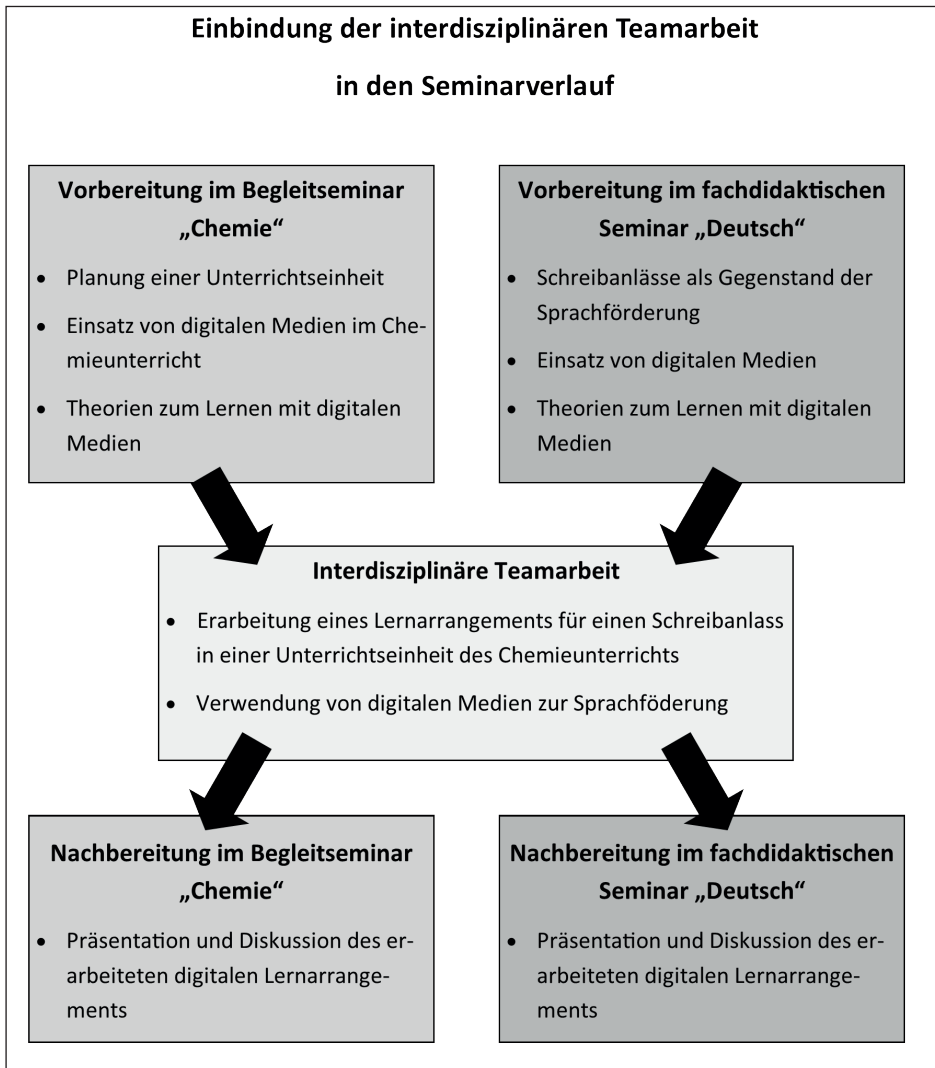


Abb. 2: Drei Phasen des Seminarverlaufs

Beschreiben, Erklären, Berichten, Informieren, Argumentieren beinhalten (u. a. Ehlich & Rehbein, 1979; Michalak et al., 2015). Unterrichtsbezogene Ansätze zur Förderung der Schreibkompetenz werden thematisiert und reflektiert. Vor allem fokussieren sie, dann als Zweierteam, im Verlauf der Arbeit mit einem Partnerteam Chemie die Spezifik und den besonderen Förderbedarf bei bestimmten Formaten des Schreibens im Fach Chemie und ihre Ausgestaltung beim Erstellen von Versuchsprotokollen. In beiden Seminargruppen wird das Lernen mit digitalen Medien im jeweiligen Fachkontext betrachtet (u. a. Schanze & Girwidz, 2018).

Nach den zunächst in den Fächern getrennt erarbeiteten Seminaranteilen gehen die Studierenden in die interdisziplinäre Teamarbeit. Jedes Team besteht nun in der

Regel aus zwei Personen im Fach Chemie und zwei Personen im Fach Deutsch. Ausgangspunkt der gemeinsamen Arbeit bilden zum einen die Unterrichtseinheit, die vorab von den Studierenden im Fach Chemie erstellt wurde, zum anderen die Überlegungen zur Sprachförderung im Kontext von fachbezogenen Schreibanlässen, die zuvor von den Studierenden im Fach Deutsch diskutiert wurden. Die Studierenden erhalten nun die Aufgabe, Schreibanlässe im Kontext der einzelnen Unterrichtseinheit zu identifizieren und für einen ausgewählten Schreibanlass gemeinsam ein Lehr-Lernarrangement zur Sprachförderung zu entwickeln und hierzu ein von ihnen frei wählbares digitales Tool zu nutzen.

Abschließend werden die Ergebnisse der Studierenden wiederum in getrennten Seminargruppen präsentiert. Dieses ist auch im großen Plenum möglich. Da in diesem Falle standortübergreifend (mit unterschiedlichen Semesterzeiten) gearbeitet wird, ist eine Präsentation in den beiden Seminargruppen einfacher zu realisieren. Die Studierenden erhalten auf diese Weise ein Feedback ihrer Seminargruppe.

2.2 Interdisziplinäre Teamarbeit

Zentrales Element der Seminarkonzeption ist die interdisziplinäre Teamarbeit, in der sich für die Studierenden die Herausforderung stellt, zunächst die jeweilige Fachperspektive zu erschließen und sich auf eine gemeinsame Basis zu verständigen. Hier ist es notwendig, sich über fachliche und sprachliche Lernziele, mögliche sprachliche Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern und auch über Gestaltungsmöglichkeiten von Sprachförderung im Kontext des Fachs Chemie auszutauschen. Damit stehen drei Bereiche des Modells Fach-ProSa im Vordergrund des Seminars.

Erste empirische Befunde zu den Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehramtsstudierenden zur fachbezogenen Sprachförderung zeigen, dass Studierende sich die Gestaltung von Sprachfördermaterialien eher zutrauen als die Diagnose der sprachlichen Fähigkeiten von Lernenden (Budde & Busker, 2019), was vermuten lässt, dass sich Studierende vielleicht (noch) nicht der Komplexität dieser Aufgabe bewusst sind. Durch die interdisziplinäre Teamarbeit wird dieses erfahrbar und es wird gleichermaßen erlebbar, welche Bedeutung einem fachübergreifenden Austausch und einer fachübergreifenden Zusammenarbeit an dieser Stelle beizumessen ist.

Die gemeinsame Teamarbeit bietet im Sinne des Modells Fach-ProSa die Möglichkeit, für die Sprachförderung im Fach in zweierlei Hinsicht zu sensibilisieren. Zum einen müssen sich die Chemiestudierenden mit den sprachlichen Anforderungen in ihrem Unterricht detailliert auseinandersetzen. Zum anderen müssen sich die Deutschstudierenden auf den chemischen Kontext und die fachsprachlichen Anforderungen einlassen und die von ihnen thematisierten sprachdidaktischen Fragestellungen in den jeweiligen Kontext einordnen.

Die Teamarbeit mündet in der gemeinsamen Erarbeitung eines Lernarrangements. Alle Studierenden stehen dabei gleichermaßen vor der Herausforderung, ein für sie meist noch unbekanntes digitales Format zu erproben. Das Potential der Seminargestaltung liegt in diesem Punkt insbesondere darin, dass die Studierenden

(aufgrund nur weniger Beispiele aus der Praxis) gezwungenermaßen vor allem explorativ in ihrer gemeinsamen Arbeit vorgehen müssen. Bei der Einbindung von digitalen Medien in das Lernarrangement müssen die Studierenden alle drei Bereiche nach dem TPACK-Modell (technologisches, pädagogisches Wissen und fachbezogenes Inhaltswissen) einbringen (u. a. Mishra & Koehler, 2006, Köhler et al., 2013), wobei je nach Fachdisziplin fachbezogenes Inhaltswissen zum Fach Chemie bzw. Deutsch eingebracht wird. Dabei werden vor allem Kompetenzen im Bereich „Unterrichten“ in der „Kommunikation und Kollaboration“, „Präsentieren“ sowie „Recherche und Bewertung“ nach dem Rahmen DiKoLAN (Becker et al., 2020) erworben. In der Phase der gemeinsamen Erarbeitung des Lernarrangements besteht aufgrund der hohen Komplexität die Gefahr einer Überforderung, so dass eine interdisziplinäre fachdidaktische Begleitung notwendig ist.

2.3 Exemplarische Ergebnisse der Teamarbeit zu digitalen Schreibformaten

In der ersten Durchführung des Seminarkonzepts stehen in der Teamarbeit die Schreibanforderungen „Verfassen einer Versuchsanleitung“ und vor allem „Anfertigen eines Protokolls“ in allen Unterrichtseinheiten im Vordergrund. Innerhalb dieser Schreibanlässe werden einzelne Elemente einer Anleitung bzw. eines Protokolls identifiziert, die eine explizit sprachliche Schreibförderung erfordern. Hier sind es zunächst der Aufbau eines Protokolls mit der Auflistung der Geräte und Materialien und entsprechend die Verwendung eines adäquaten Fachwortschatzes (bei Nomen mit korrekter Schreibung und Nennung des grammatischen Geschlechts, z. B. „Gasbrenner, der“; bei trennbaren Verben die Flexion, z. B. „einfüllen – füllt ... ein“). Vor allem aber ist im Rahmen der Versuchsdurchführung die Textform „Beschreiben eines Versuchs“ Gegenstand der sprachlichen Förderung. Für die Entwicklung des Unterrichtsmaterials recherchieren und verwenden die Studierenden unterschiedliche, für Schülerinnen und Schüler leicht handhabbare, lizenzfreie digitale Tools. Diese reichen von Power-Point-Formaten mit Audiodatei und zugehörigem Arbeitsblatt über Erklärvideos bis zu Tools wie LearningApps, LearningSnacks. Die Studierenden gestalten die Aufgaben dialogisch und binden einen einführenden, erklärenden Anteil ein, der die formalsprachlichen Anforderungen didaktisch aufbereitet vermittelt, ebenso Schreibaufgaben und je nach Unterstützungsbedarf zusätzliche Übungen wie Online-Lückentexte, digitale Zuordnungsübungen und Wörterpuzzles.

Die einzelnen Teams nehmen unterschiedliche Schwerpunktsetzungen bei den (fach-)sprachlichen Merkmalen vor. Diese sind z. B. die Beachtung der korrekten Reihenfolge in einer Beschreibung und die Textkohärenz, die durch passende Satzanfänge und Konnektiva realisiert werden, oder die Adressatenorientierung beim Verfassen einer Einleitung, oder die Phase der Textüberarbeitung, die mit einer Checkliste und in Partnerarbeit angeleitet wird. Teilweise wird explizit und übend auf angemessene Formulierungen und eine korrekte Aussprache eingegangen.

3. Erste Auswertung und Ausblick

In der ersten Erprobung des Seminarkonzepts haben 23 Studierende aus dem Fach Chemie und 23 Studierende aus dem Fach Deutsch teilgenommen. Den Studierenden ist es gelungen, konkrete digitale Lernmaterialien zur Sprachförderung für den Chemieunterricht zu entwickeln. Während der interdisziplinären Gruppenarbeit und der Erarbeitung der Lernmaterialien wurde von Seiten der Studierenden nur ein geringer Beratungsbedarf eingefordert.

Die Rückmeldung der Studierenden zeigt, dass sich am Anfang der Teamarbeit einige Klärungsbedarfe für die Studierenden untereinander ergeben haben. Die Chemiestudierenden verbinden mit Sprachförderung zunächst vor allem Fachlexik sowie Rechtschreibung. Dieser Blick weitet sich zunehmend in der gemeinsamen Arbeit in den Teams. Hierfür ist ein Klärungs- und Aushandlungsprozess notwendig, der für die Studierenden zunächst schwierig ist. Aus diesem Grunde soll in einem nächsten Semindurchgang vor der eigentlichen Gruppenarbeit an den Lernmaterialien eine Phase zum Austausch der unterschiedlichen fachlichen und fachdidaktischen Perspektiven auf die Sprache im Fach bedacht werden. So soll die interdisziplinäre Teamarbeit besser vorbereitet werden, indem die Studierenden in ihren Teams sprachliche Hürden in konkreten Beispielen (z. B. Schreibprodukte von Schülerinnen und Schülern, Versuchsdurchführungen) herausarbeiten und anschließend in einer metareflexiven Phase der Frage nachgehen, welche Profession sie jeweils bei der Gestaltung von Sprachfördermaßnahmen einbringen. Während Deutschstudierende über Kenntnisse über die sprachliche Ausgestaltung einer Beschreibung durch angemessene sprachliche Mittel verfügen, bedarf es z. B. des Wissens über angemessene fachbezogene sprachliche Mittel von Chemiestudierenden, z. B. über Verben wie „aufglühen“, „sich lösen in“, „sich absetzen“ oder über Funktionsverbgefüge (wie „einen Stoff in ein Reagenzglas geben“).

Aus Sicht der Dozierenden ist bei der derzeitigen Durchführung des Seminars auffällig, dass sich ein großer Teil der Studierenden zu Beginn der interdisziplinären Arbeit auf ein ihnen bekanntes digitales Medium, nämlich die Erstellung von Lernvideos beschränkte, dies sich aber im Semesterverlauf veränderte, vor allem durch die voranschreitende Beschäftigung mit der Aufgabe, ein für die entwickelten Schreibaufgaben angemessenes, kostenfreies Tool zu finden. Hier zeigen sich Einfallsreichtum und Kreativität und die zunehmende Beschäftigung der Studierenden mit erhältlichen Tools, die konkret für spezifische Lernsettings im Fachunterricht genutzt werden und miteinander kombiniert werden. Im nächsten Durchgang sollen verstärkt von Anfang an unterschiedliche Medien als Beispiele eingebracht werden, um ein Wechselverhältnis zwischen fachlichen Inhalten, fachdidaktisch entwickelten (Schreib-)Arrangements und passenden digitalen Tools vertiefend zu durchdringen, ohne jedoch die Eigeninitiative, aktuell verfügbare Tools selbstständig zu erarbeiten, einzuschränken.

Zum Ende des Semesters im Februar 2021 werden die Studierenden zu ihren Einschätzungen befragt. Von besonderem Interesse ist, wie sie die Arbeit in den interdisziplinären Teams sowie die Erarbeitung von digitalen Medien wahrnehmen und

ob sich ihre Einstellungen gegenüber der Einbindung von digitalen Medien in der Umsetzung von Sprachförderung im Fachunterricht verändert haben.

Die interdisziplinäre Arbeit an den Lernarrangements zur Sprachförderung mit Hilfe von digitalen Medien stellt für die Studierenden eine Herausforderung und ein hohes Lernpotential dar. Dabei ist die Seminarkonzeption nicht auf das Fach Chemie beschränkt, sondern kann auf andere Unterrichtsfächer übertragen werden, um Sprachförderung als Thema fachbezogen im Lehramtsstudium einzubinden.

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 Verlag.
- Becker-Mrotzek, M. & Böttcher, I. (Hrsg.) (2012). *Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen*. Cornelsen Scriptor.
- Budde, M. A. & Busker, M. (2016). Das Projekt Fach-ProSa. Ein fachintegriertes Modell in der Lehrerbildung zur Professionalisierung in der Sprachförderung. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 69–80). Waxmann.
- Budde, M. A. & Busker, M. (2019). Fach-ProSa: Ein Modell zur fachbezogenen Professionalisierung zur Sprachförderung in der Lehramtsausbildung der Fächer Chemie und Deutsch. In A. Ballis & N. Hodaie (Hrsg.), *Perspektiven auf Mehrsprachigkeit – Individuum – Bildung – Gesellschaft* (S. 209–225). de Gruyter.
- Ebel, C. (2015). Lernen mit digitalen Medien in der Schule – Erweiterung der didaktischen Möglichkeiten für individuelle Förderung. In Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren* (S. 12–19). Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Ehlich, K. & Rehbein, J. (1979). Sprachliche Handlungsmuster. In H.-G. Soeffner (Hrsg.), *Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften* (S. 243–274). Metzler.
- Koehler, M. J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19.
- Michalak, M., Lemke, V. & Goeke, M. (2015). *Sprache im Fachunterricht*. Narr.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>.
- Pohl, T. & Steinhoff, T. (2011) (Hrsg.). *Textformen als Lernformen*. Köln: KöBeS7; Gilles und Francke.
- Schanze, S. & Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 177–192). Springer.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, E. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*. Westarp.

Lehramtsausbildung Physik 2.0 (LaP 2.0)

Implementierung digitaler Lerninhalte

Jasmin Andersen, Dietmar Block, Irene Neumann & Knut Neumann

Die Nutzung digitaler Technologien im Unterricht stellt neue Anforderungen an Lehrkräfte. Ein wesentlicher Unterschied zu klassischen Unterrichtsinhalten und -medien besteht darin, dass digitale Technologien kurzlebiger sind und schnell durch Innovationen abgelöst werden. Für Lehrkräfte bedeutet dies, dass sie in wesentlich kürzeren Zyklen ihre Unterrichtsinhalte und -medien aktualisieren müssen. Die veränderten Anforderungen erfordern neue Lehrmethoden und implizieren bereits in der Lehramtsausbildung veränderte Lernziele. Vor diesem Hintergrund wurde im TPACK-Modell das Professionswissen von Lehrkräften um das erforderliche technologische Wissen und dessen Überschneidung mit dem Fachwissen und pädagogischem Wissen erweitert (Mishra & Koehler, 2006).

Der technologische Wandel lässt sich sehr gut im Fach Physik veranschaulichen. In der Fachwissenschaft sind digitale Messtechniken zur Datenaufnahme und spezielle Software zur Datenanalyse weit verbreitet. Um ein adäquates Bild der fachphysikalischen Arbeitsweise zeichnen zu können, müssen Aspekte der digitalen Messwert-erfassung auch im Unterricht adressiert werden. Zudem wird diese erschwinglicher und somit attraktiver für den Einsatz im Schulunterricht. Auch das Smartphone findet im Physikunterricht als Messgerät eine neue Anwendung inkl. der Programmierung von eigenen Anwendungen (Staacks et al., 2018). Um derartige Technologien erfolgreich im Physikunterricht einsetzen zu können, müssen die Lehrkräfte nach dem TPACK-Modell u. a. technologisches Wissen (TK) und technologiebezogenes Fachwissen (TCK) erlangen, das in der klassischen Ausbildung bisher nur bedingt vermittelt wird. Sie müssen Messtechnik und Software bedienen können, Anwendung und Grenzen von Sensoren kennen und sogar die Grundlagen des Programmierens beherrschen (TK) sowie diese Aspekte physikspezifisch einsetzen können (TCK). Die Lehrkräfte müssen sich zudem immer wieder digitale Innovationen, z. B. im Bereich des Experimentierens, erschließen (TK/TCK). Diese Anforderungen spiegeln sich in den Standards für die Lehrkräftebildung wider. So soll das Studium physiktypische Arbeits- und Erkenntnismethoden sowie den Umgang mit schultypischen Geräten vermitteln und Studierende in die Lage versetzen, Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung zu berücksichtigen (KMK, 2019).

Folglich müssen bereits im Studium entsprechende Lerngelegenheiten angeboten werden. Neue Lehrveranstaltungen, die lediglich auf die Vermittlung von TK und TCK abzielen, können aber wegen der überfüllten Studienpläne selten angeboten

werden. An der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) müssen – wie an vielen anderen Standorten auch – im Fach Physik daher Lerninhalte zu TK und TCK in bestehenden Modulen implementiert werden. Im Rahmen des Projektes „Lehramtsausbildung Physik 2.0“ (LaP 2.0) werden dazu die Laborpraktika der Lehramtsausbildung im Fach Physik vollständig neu konzipiert. In den zwei ersten Entwicklungsschritten wurden bereits neue Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktika entwickelt, in denen insbesondere der Umgang mit aktueller schulrelevanter Messtechnik und Software zur digitalen Messwertaufnahme und Datenanalyse eingeübt, vertieft, und die fachdidaktischen Nutzungsmöglichkeiten erprobt werden (Andersen et al., 2018). Das neue Elektronikpraktikum Lehramt (EPLA) stellt den dritten und zurzeit in der Umsetzung befindlichen Entwicklungsschritt dar. Das EPLA soll den Lehramtsstudierenden einen vertieften Einblick in aktuelle Messtechniken und Sensoren geben und zudem die Grundlagen des Programmierens vermitteln. Eine wesentliche Innovation liegt darin, dass explizit das eigenständige Erarbeiten neuer fachlicher und technischer Inhalte gefördert werden soll. Dadurch unterscheidet sich das EPLA nicht nur durch die Inhalte, sondern auch durch die Arbeitsweise von klassischen Laborpraktika. Im Folgenden werden die Charakteristika dieses neuartigen Praktikumskonzeptes vorgestellt.

1. Konzeption des Elektronikpraktikums

Das Modul „Elektronik für Lehramtsstudierende“ an der CAU ist durch die Studienordnung im 6. Semester, also kurz vor dem Abschluss des Bachelors und damit zwischen den lehramtsspezifischen Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktika, verankert. Zum Erreichen der oben genannten Lernziele setzt sich das Modul aus einer Vorlesung und einem Praktikum zusammen, die aufeinander aufbauen.

Die Flipped-Classroom-Vorlesung stellt in der ersten Hälfte des Semesters die Vermittlung des Fachwissens von grundlegenden elektrischen/elektronischen Bauelementen bis hin zu Mikrocontrollern sicher. Dadurch werden alle theoretischen Hilfsmittel geliefert, um typische Messaufbauten zu analysieren und zu verstehen. Die Inhalte gehen dabei über die Inhalte der Fachcurricula an Schulen hinaus, damit im anschließenden Praktikum eigenständiges Arbeiten und ein selbstständiges Erschließen neuer fachlicher Inhalte erfolgen kann.

Das Elektronikpraktikum wurde spezifisch für Lehramtsstudierende konzipiert, sodass die Berücksichtigung des spezifischen Vorwissens und der Bezug zur künftigen Tätigkeit eine wichtige Rolle spielen, wie es für adressatenspezifische Praktika üblich ist (z. B. Theyßen, 2000; Andersen, 2020). Vordergründig vertieft das neue EPLA das Fachwissen aus der Vorlesung und die Studierenden erwerben erste praktische Erfahrungen mit Sensoren und dem Mikrocontroller. Diese sind dabei exemplarisch ausgewählt, um nicht das spezifische Bauteil in den Fokus zu stellen. Die Studierenden sollen so grundlegende Kenntnisse über Funktion, Anwendung und Grenzen der Bauteile entwickeln, um ein übergeordnetes Verständnis von letztlich auch schulre-

relevanter Messtechnik wie den Messwerterfassungssystemen der Lehrmittelhersteller zu gewinnen.

Neu ist, dass die Lehramtsstudierenden im EPLA die Grundlagen des Programmierens erlernen sollen. Der Hintergrund ist, dass die zunehmende Digitalisierung grundlegende Programmierkenntnisse erfordert, um z.B. Messwerkzeuge in der Smartphone App phyphox (Staacks et al., 2018) zu programmieren. Die Programmierung eines Mikrocontrollers bietet eine ideale Möglichkeit, die Grundlagen exemplarisch kennenzulernen und einzuüben. Im EPLA wird hierfür der Arduino eingesetzt. Er ist vergleichsweise einfach zu programmieren, sodass hier gezielt an das Vorwissen der Lehramtsstudierenden angeknüpft und Programmierkenntnisse effizient aufgebaut werden können. Der Arduino ist zudem kostengünstig und ist in Kombination mit unterschiedlichsten Sensoren vielseitig einsetzbar. Dadurch können im EPLA anwendungsnahe und damit interessante Steuerungs- bzw. Regelungsaufgaben realisiert werden. Aufgrund dieser Eigenschaften ist der Arduino bei kommerziellen und privaten Anwendern weit verbreitet und erfreut sich einer großen Online-Community mit zahlreichen Anwendungsbeispielen. Somit eignet sich der Arduino nicht nur als exemplarischer Lerninhalt, sondern auch sehr gut für den Einsatz im Physikunterricht und besitzt damit eine Relevanz für die angestrebte berufliche Lehrtätigkeit der Studierenden.

Um sowohl das Programmieren als auch das eigenständige Lernen zu fördern, gliedert sich das EPLA wiederum in zwei Phasen. In einem Seminar steht zunächst das Programmieren im Zentrum. Anschließend sollen im Rahmen einer Projektarbeit die im Modul erlangten Kenntnisse an einer konkreten Problemstellung selbstständig vertieft werden. Das Seminar führt zunächst in die Hardware ein und übt dabei den Umgang mit Datenblättern. Im weiteren Verlauf des Seminars wird diese Arbeitsmethodik immer wieder aufgegriffen, um Schritt für Schritt weitere Sensoren verwenden zu können. Gleichzeitig werden mit jedem Bauelement/Sensor neue Programmier-elemente adressatenspezifisch eingeführt und eingeübt. Dies gelingt durch die Nutzung von schultypischen Experimentiermaterialien und durch eine geeignete Auswahl schulrelevanter Praktikumsinhalte, da diese von den Studierenden als relevanter wahrgenommen werden und folglich die Motivation und den Erwerb von Fachwissen fördern (Andersen, 2020).

Im Projekt arbeiten sich die Studierenden erstmalig in ihrem Studium eigenständig in ein individuelles Problem und dessen Lösungsmöglichkeiten ein. Dies fordert und fördert die experimentellen Kompetenzen im Planen und Durchführen von Versuchen. So bildet das EPLA methodisch eine Brücke vom angeleiteten Experimentieren im Anfängerpraktikum zum eigenständigen Experimentieren im Fortgeschrittenenpraktikum. Für die Auswahl der Projektaufgabe erhalten die Studierenden von den Betreuenden beispielhafte Projektvorschläge mit dem Leitthema „Messen, Steuern und Regeln“. Die Studierenden sollen diese entweder konkretisieren oder eine vergleichbare eigene Projektidee formulieren, planen und umsetzen. Die Aufgaben sind so gestellt, dass die Lehramtsstudierenden ihr eigenes kleines Messwerterfassungssystem umsetzen müssen. Insbesondere durch diese Projektarbeit weicht das

EPLA bewusst vom klassischen Praktikum ab. Die Studierenden werden aufgrund der offenen Fragestellung des Projektes erstmals im Forschenden Lernen angeleitet. Die Studierenden sollen so insbesondere Strategien entwickeln, um sich zukünftig neue Inhalte selbst erschließen zu können. Damit bietet das EPLA den Studierenden die Gelegenheit, in die Lage versetzt zu werden, weitere technologische Entwicklungen in ihrem späteren Berufsleben rezipieren und sinnvoll in ihrem eigenen Unterricht zum Einsatz bringen zu können (vgl. KMK, 2019).

2. Diskussion

Im neuen EPLA erarbeiten sich die Studierenden mit dem Mikrocontroller Arduino ein digitales Werkzeug mit hoher Relevanz für den späteren Physikunterricht. Darüber hinaus zeichnet sich das EPLA dadurch aus, dass die Studierenden ein übergeordnetes Verständnis von (schulrelevanter) Messtechnik erwerben und sich grundlegende Programmierkenntnisse aneignen, die auf andere Technologien übertragbar sind. Ferner werden die Studierenden in die Lage versetzt, sich digitale Innovationen eigenständig erschließen zu können. Das neukonzipierte EPLA vervollständigt so die Implementierung von digitalen Lerninhalten in den Lehramtspraktika mit einer Lerngelegenheit für TK und TCK. Das Praktikumskonzept besitzt insbesondere durch diese Implementierung digitaler Lerninhalte und die eigenständige Arbeit im Projekt nicht nur das Potential, auf andere Standorte, sondern auch konzeptionell auf andere MINT-Fächer übertragen zu werden.

Das EPLA wurde im Sommersemester 2020 während der Corona-Pandemie in einem digitalen Format erstmals erfolgreich durchgeführt. Im Sinne des Design-Based-Research-Ansatzes sollen in diesem und weiteren Durchläufen u. a. Lernerfolg und Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. des Einsatzes des Arduinos untersucht werden sowie konkrete Verbesserungsmöglichkeiten des EPLA identifiziert und umgesetzt werden. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, die wahrgenommene Relevanz der Lerninhalte zu analysieren und ggf. durch Ausbau und Anpassung der schulischen Kontexte weiter zu steigern (vgl. Andersen, 2020). Dass die Projektarbeit zuträglich für die eigenständige Erarbeitung (digitaler) Lerninhalte und das selbstständige Experimentieren ist, zeigt sich bereits jetzt daran, dass die Studierenden das Projekt mitsamt dessen Herausforderungen in der Regel abhängig von ihrem Vorwissen auswählten und umsetzten. Studierende mit geringem Vorwissen wählten tendenziell weniger komplexe Projekte als Studierende, die z. B. aufgrund ihres Zweifaches bereits Erfahrungen hatten. Dies zeigt, dass die Studierenden die neu erlernten Strategien erfolgreich einsetzen und belegt, dass die Projektarbeit auch eine Binnendifferenzierung leistet, sodass Studierende mit unterschiedlichen Ausgangsvoraussetzungen von der Projektarbeit profitieren.

Förderhinweis

Dieser Beitrag ist im Rahmen des von der Deutsche Telekom-Stiftung geförderten Verbundprojektes „Die Zukunft des MINT-Lernens“ entstanden.

Literatur

- Andersen, J. (2020). *Entwicklung und Evaluierung eines spezifischen Anfängerpraktikums für Lehramtsstudierende im Fach Physik* (Diss.). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Verfügbar unter: https://macau.uni-kiel.de/receive/macau_mods_00000898
- Andersen, J., Block, D., Neumann, K. & Wendlandt, H. (2018). Lehramtsausbildung Physik 2.o. Vernetzung von Fach, Fachdidaktik und schulpraktischen Aspekten. In B. Brouër, A. Burda-Zoyke, J. Kilian & I. Petersen (Hrsg.), *Vernetzung in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Ansätze, Methoden und erste Befunde aus dem LeaP-Projekt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel* (S. 23–35). Waxmann.
- KMK (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). Bonn: KMK Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- 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>
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53(4), 045009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Theyßen, H. (2000). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion*. Dissertationsschrift. Logos-Verlag.

Autorinnen und Autoren

Roman Adler – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dr. Jasmin Andersen – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dr. Julia Arnold – Fachhochschule Nordwestschweiz

Andreas Belthle – Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd

Dr. Anna Beniermann – Humboldt-Universität zu Berlin

Dr. Alexander Bergmann – Universität Leipzig

Dr. Tom Bielik – Freie Universität Berlin

Prof. Dr. Dietmar Block – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Prof. Dr. Claudia Bohrmann-Linde – Bergische Universität Wuppertal

Prof. Dr. Andreas Borowski – Universität Potsdam

Tim Boshuis – Universität Würzburg

Jaar Boskany – Leibniz Universität Hannover

Janne-Marie Bothor – Universität Kassel

Prof. Dr. Dorothee Brovelli – Pädagogische Hochschule Luzern

Prof. Dr. Monika A. Budde – Universität Vechta

Prof. Dr. Maike Busker – Europa-Universität Flensburg

Dr. Alexander Büssing – Leibniz Universität Hannover

Dr. Ira Caspari – Tufts University Boston

Tobias Denecke – Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Markus Emden – Pädagogische Hochschule Zürich

Prof. Dr. Roger Erb – Goethe-Universität Frankfurt am Main

Prof. Dr. Sabine Fechner – Universität Paderborn

Mareike Freese – Goethe-Universität Frankfurt am Main

Teresa Fritsch – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Katharina Gierl – Universität Koblenz-Landau

Katharina Gimbel – Universität Kassel

Lion C. Glatz – Goethe-Universität Frankfurt am Main

Prof. Dr. Nicole Graulich – Justus-Liebig-Universität Gießen

Leroy Großmann – Freie Universität Berlin

Dr. Finja Grospietsch – Universität Kassel

Dr. Inka Haak – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Julian Heeg – Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr. Peter Heering – Europa-Universität Flensburg

Dr. Stefanie Herzog – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Dr. Benedikt Heuckmann – Leibniz Universität Hannover

Dr. Dagmar Hilfert-Rüppell – Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Kerstin Höner – Technische Universität Braunschweig

Daniel Horn – Universität Kassel

Dr. Michael M. Hull – Universität Wien

Dr. Sarah Hundertmark – Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr. Andy Johnson – Black Hills State University

Prof. Dr. Alexander Kauertz – Universität Koblenz-Landau

Jens Klinghammer – Gymnasium Lerchenfeld, Hamburg

Prof. Dr. Hans-Dieter Körner – Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Dr. Johanna Kranz – Universität Wien

Dr. Moritz Krell – Freie Universität Berlin

Richard Kremer – Bergische Universität Wuppertal

Prof. Dr. Olaf Krey – Universität Augsburg

Dr. Marcus Kubsch – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Simon Küth – Universität Vechta

Hannah Lathan – Universität Vechta

Leonie Lieber – Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dr. Martin Lindner – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Isabelle Lins – Universität Kassel

Jette Lippmann – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Dr. Daniela Mahler – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Prof. Dr. Annette Marohn – Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Dr. Monique Meier – Universität Kassel

Michelle Mercier – Europa-Universität Flensburg

Dr. Nico Meuter – Bergische Universität Wuppertal

Lukas Mientus – Universität Potsdam

Prof. Dr. Andrea Möller – Universität Wien

Prof. Dr. Andreas Mühling – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Prof. Dr. Andreas Nehring – Leibniz Universität Hannover

Dr. Stefan H. Nessler – Freie Universität Berlin

Dr. Irene Neumann – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Prof. Dr. Knut Neumann – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Prof. Dr. Sandra Nitz – Universität Koblenz-Landau

Anna Nowak – Universität Potsdam

Julia Ortmann – Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dr. Ilka Parchmann – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Pascal Pollmeier – Universität Paderborn

Prof. Dr. Markus Prechtel – Technische Universität Darmstadt

Agnes Pürstinger – Universität Wien

Prof. Dr. Thorid Rabe – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Yvonne Rath – Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Dr. Hanne Rautenstrauch – Europa-Universität Flensburg

Prof. Dr. Markus Rehm – Pädagogische Hochschule Heidelberg

Prof. Dr. Karsten Rincke – Universität Regensburg

Dr. Silke Rönnebeck – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Robin Schildknecht – Universität Koblenz-Landau

Andrea M. Schmid – Pädagogische Hochschule Luzern

Prof. Dr. Daniel Scholl – Universität Vechta

Matthias Scholz – Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Christoph Schüle – Universität Vechta

Prof. Dr. Björn Schwarz – Universität Vechta

Jun.-Prof. Dr. Martin Schwichow – Pädagogische Hochschule Freiburg

Vanessa Seremet – Universität Koblenz-Landau

Dr. Stefan Sorge – IPN –

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Dr. Anita Stender – Universität Duisburg-Essen

Sabrina Syskowski – Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Albert Teichrew – Goethe-Universität Frankfurt am Main

Prof. Dr. Christoph Thyssen – Technische Universität Kaiserslautern

Arash Toulou – Technische Universität Kaiserslautern

Dr. Mark Ullrich – Goethe-Universität Frankfurt am Main

Nuno Pereira Vaz – Bergische Universität Wuppertal

Julian Venzlaff – Bergische Universität Wuppertal

Jun.-Prof. Dr. Jan Winkelmann – Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Veronika Winter – Universität Wien

Dr. Carina Wöhlke – Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Petra Wolters – Universität Vechta

Dr. Peter Wulff – Universität Potsdam

Dr. Kathrin Ziepprecht – Universität Kassel